

**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**STUDI DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE* UNTUK  
ANGKUTAN CPO (CRUDE PALM OIL) RUTE  
KALIMANTAN - JAWA**

Fahrizal Eka Satriawan

N.R.P. 4111 100 052

Dosen Pembimbing

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2015

**FINAL PROJECT - MN 141581**

**DESIGN STUDIES OF *SELF-PROPELLED BARGE* FOR  
CPO(CRUDE PALM OIL) TRANSPORTATION FOR  
KALIMANTAN-JAVA ROUTE**

Fahrizal Eka Satriawan

N.R.P. 4111 100 052

Supervisor

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

Departemen of Naval Architecture & Shipbuilding Engineering

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2015

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE* UNTUK ANGKUTAN CPO (*Crude Palm Oil*) RUTE KALIMANTAN- JAWA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal

Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FAHRIZAL EKA SATRIAWAN**

**NRP. 4111 100 052**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing,

**Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19640210 198903 1 001**

**SURABAYA, 08 JULI 2015**

## LEMBAR REVISI

### STUDI DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE* UNTUK ANGKUTAN CPO (*Crude Palm Oil*) RUTE KALIMANTAN-JAWA

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 06 Juli 2015

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal  
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**FAHRIZAL EKA S**  
NRP. 4111 100 052

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. I Ketut Suastika, M.Sc.

2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

3. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

SURABAYA, 08 JULI 2015



## STUDI DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE* UNTUK ANGKUTAN CPO(CRUDE PALM OIL) RUTE KALIMANTAN-JAWA

Nama : Fahrizal Eka Satriawan  
NRP : 4111 100 052  
Jurusan : Teknik Perkapalan  
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M. Sc, Ph. D

### ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Prospek perdagangan kelapa sawit di masa mendatang terlihat sangat cerah dan baik untuk pasar domestik maupun ekspor. Dan Provinsi Kalimantan Tengah memiliki potensi yang cukup besar, dengan hasil produksi 1.1 juta ton per tahun diharapkan dapat meningkatkan produksi kelapa sawit nasional. Permasalahannya adalah belum adanya fasilitas pengolahan di Kalimantan Tengah membuat semua hasil produksi tersebut harus dibawa ke Pulau Jawa untuk dijadikan produk olahan yang siap konsumsi. Maka dari itu dibutuhkan sebuah alat transportasi laut yang efisien yang akan digunakan untuk distribusi kelapa sawit dari lapangan produksi menuju stasiun pengolahan. Alat transportasi laut efisien yang dimaksud adalah *Self-Propelled Barge* yang mampu mengangkut muatan yang tersedia dan sesuai dengan karakteristik perairan daerah sekitar. Sehingga pada tugas akhir ini yang pertama dilakukan adalah perhitungan *supply* dan *demand* pada masing-masing alternatif pelabuhan dan didapat hasil perhitungan sebagai berikut untuk peabuhan *supply* (Pelabuhan Bumiharjo : 676,583 ton, Pelabuhan Sampit: 179,595 t on, Pelabuhan Bagendang : 5,139,448 t on dan Pelabuhan Banjarmasin: 911,505 t on), dan pada pelabuhan *demand* (dermaga WILMAR Indonesia: 1,518,894 ton dan dermaga PT Salim Ivomas Pratama: 1,556,933 ton). Rute pelayaran didapatkan dengan cara optimasi dengan Metode Simplex dan rute yang terpilih adalah dari Pelabuhan Bagendang menuju Dermaga PT Salim Ivomas Pratama di daerah Tanjung Perak kemudian dilakukan perhitungan besar *payload* dan didapatkan jumlah *payload* yang akan diangkut adalah 5100 t on. Kemudian dilakukan perhitungan optimasi ukuran utama kapal yang akan dibangun dengan parameter besar *payload*, kecepatan kapal, dan massa jenis muatan lalu ditambahkan untuk batasannya menggunakan batasan teknis dalam mendesain kapal dan kondisi perairan di daerah pelayaran maka didapatlah ukuran utama *Self-Propelled Barge* yang akan didesain: L (Panjang) = 94.50 m, B (Lebar) = 17.02 m, H (Tinggi) = 7.57 m, T (Sarat) = 5.00 m dan Mesin = 2 x 478 Kw YANMAR Type 6RY17W.

**Kata kunci:** Desain, Kapal *Self -Propelled Barge*, *Supply* dan *Demand*, *Payload*, Ukuran Utama Kapal, Optimum, Parameter, Batasan, Perairan Sekitar.



## **DESIGN STUDIES OF SELF-PROPELLED BARGE FOR CPO(CRUDE PALM OIL) TRANSPORTATION FOR KALIMANTAN-JAWA ROUTE**

**Name** : Fahrizal Eka Satriawan  
**NRP** : 4111 100 052  
**Departement** : Naval Architecture and Ship Building  
**Supervisor** : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.sc, Ph.D

### **ABSTRACT**

Indonesia is one of the largest crude palm oil producer in the world. And crude palm oil trading prospects looks very good for the domestic and export markets . And Central Kalimantan province has a great potency, with production 1.1 million tons crude palm oil per year is predicted can increase national production of crude palm oil. But the problem is the lack of processing facilities in Central Kalimantan make all the crude palm oil should be brought to Java for refining processed . Therefore it needs an efficient marine transportation for the distribution of crude palm oil production from the field into the processing station. Efficient transportation as referred is Self-Propelled Barge which is capable of carrying heavy payloads and could be operated at shallow draught water area. So in this final project, the first step to do is forecast supply and demand crude palm oil at each of the alternative port and the result after forecasting the database is (Bumiharjo Port: 676.583 tons, Sampit Port: 179.595 tons, Bagendang Port: 5,139,448 tons and Banjarmasin Port: 911.505 tons) for the the supply stations, and for the demand stations (WILMAR port Indonesia: 1,518,894 tonnes and PT Salim Ivomas Primary port: 1,556,933 tons). Then the next step after get the payload requirement is to optimize of ship main dimension with solver, when we used the solver analysis we needs to determine the parameter which will included such as payload, ship speed, and the density of the cargo. Besides we determine the parameter we must also determine the constraint such as stability regulation, freeboard minimum requirement, and main dimension ratio of ship, after solver did the calculation then we obtained the main dimension of Self-Propelled Barge which will be designed: L (length) = 94.50 m, B (Width) = 17:02 m, H (High) = 7:57 m, T (Draught) = 5.00 m and Engine Power = 2 x 478 K w YANMAR Type 6RY17W.

**Keywords:** Design, Self -Propelled Barge Ship, Supply and Demand, Payload, Main Measure of Ship, Optimum, Parameters, Limits, The Condition of The Waters Around



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI DESAIN SELF-PROPELLED BARGE UNTUK ANGKUTAN CPO (CRUDE PALM OIL) RUTE KALIMANTAN - JAWA”** dengan baik. Tidak lupa juga shalawat dan salam penulis curahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju jaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Tidak lupa pula penulis mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, ilmu, untuk membimbing penulis serta memberikan arahan dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku dosen wali penulis selama menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Perkapalan.
3. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan.
4. Ayah dan Mama yang selalu senantiasa memberikan doa restunya dan memberikan dukungan penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini. *“ridho ALLAH adalah ridho orangtua”*.
5. Sarah, Sonya, dan Firja,Tya yang sudah bersedia memberikan semangat kepada penulis sehingga penulis kembali memiliki semangat ketika rasa lelah, penat, dan letih datang melanda.
6. Arya Javendra, Wahyu Hidayat, Elip Supriyanto, I Putu Suryana, dan Mbak Farinda selaku teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini. *“tidak ada perjuangan yang mengkhianati hasil maka percayalah !!!”*
7. Alfi Hidayat, M. Fyan Dinggi, Ghafiqi Wijdan Haq, Trifajar Meinanda, Nabel Mufti, Rizki Yanuar, Muhammad Aulia dan teman-teman penghuni laboratorium perancangan kapal yang senantiasa menemani penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir. *“lembaran kertas baru pun terbuka, tinggalkan yang lama biarkan sang pena berlaga”*.



8. Segenap keluarga besar P-51 CENTERLINE, terima kasih atas dukungan tak terhingganya. *“it’s not the end it’s just a beginning”*.

9. Bu Arum dan segenap pegawai perpustakaan dan Ruang Baca FTK lantai 3 karena sudah bersedia menyediakan fasilitas buku yang berisi banyak ilmu dan manfaat.

10. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta kelak ada usaha untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Penyusun

Fahrizal Eka Satriawan



## Daftar Isi

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR REVISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>Bab I Pendahuluan .....</b>	<b>1</b>
I.1 Gambaran Umum .....	1
I.2 Latar Belakang.....	2
I.3 Rumusan Masalah.....	3
I.4 Batasan Masalah .....	4
I.5 Tujuan.....	4
I.6 Manfaat.....	4
I.7 Hipotesis .....	5
1.8 Sistematika Penulisan .....	5
<b>Bab II Tinjauan Pustaka .....</b>	<b>7</b>
II.1 Pendahuluan .....	7
II.2 Minyak Kelapa Sawit ( <i>Crude Palm Oil</i> ).....	8
II.2.1 <i>Crude Palm Oil</i> .....	8
II.2.2 Pemanfaatan <i>Crude Palm Oil</i> .....	8
II.2.3 Metode Pemuatan CPO ( <i>Crude Palm Oil</i> ).....	9
II.3 Pengangkutan CPO ( <i>Crude Palm Oil</i> ) .....	10
II.3.1 Moda Transportasi CPO ( <i>Crude Palm Oil</i> ).....	10
II.3.2 Kapal Pengangkut CPO ( <i>Crude palm Oil</i> ).....	12
II.3.3 Perkembangan Kapal Pengangkut Muatan Curah Cair.....	13
II.3.4 Kapal Self-Propelled Barge.....	14
II.4 Metode Peramalan Data .....	15
II.4.1 Metode Kuantitatif .....	15
II.5 Perencanaan Rute Transportasi .....	18
II.5.1 Pemilihan Lokasi Pelabuhan .....	18
II.5.2 Optimasi Jaringan.....	20
II.6 Teori Desain .....	23
II.7 Teori Mendesain Kapal .....	26
II.8 Tinjauan Teknis Merancang Kapal .....	27



II.8.1 Penentuan Ukuran Utama Dasar .....	27
II.8.2 Perhitungan Teknis Mendesain Kapal.....	28
<b>BAB III Tinjauan Daerah .....</b>	<b>33</b>
III.1 Pendahuluan.....	33
III.2 Sekilas Mengenai Provinsi Kalimantan Tengah.....	34
III.2 Kondisi Topografi Kalimantan Tengah .....	35
III.4 Produksi <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) di Kalimantan Tengah.....	36
III.5 Kondisi Transportasi Kalimantan Tengah .....	37
<b>BAB IV Metodologi Penelitian .....</b>	<b>39</b>
IV.1 Pendahuluan.....	39
IV.2 Diagram Alir Penelitian.....	40
IV.3 Langkah Pengerjaan.....	41
IV.3.1 Pengumpulan Data.....	41
IV.3.2 Melakukan Studi Literatur.....	42
IV.3.3 Analisa Data dan Perencanaan Rute Jaringan .....	43
IV.3.4 Perhitungan Payload Kapal.....	43
IV.3.5 Perhitungan Optimasi Ukuran Utama.....	43
IV.3.6 Pembuatan Desain Rencana Garis dan Rencana Umum <i>Barge</i> .....	44
<b>BAB V Analisa Penentuan Jumlah Muatan.....</b>	<b>46</b>
V.1 Pendahuluan .....	46
V.2 Melakukan Pengumpulan Data dan Peramalan Data Pada Pelabuhan hub .....	47
V.2.1 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Sampit.....	47
V.2.2 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Bagendang .....	48
V.2.3 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Bumiharjo .....	48
V.2.4 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Banjarmasin.....	49
V.3 Melakukan Pengumpulan Data dan Peramalan Data Pada Dermaga Demand .....	49
V.3.1 Analisis Data dan Peramalan Data <i>Demand CPO (Crude Palm Oil)</i> PT WILMAR Indonesia.....	50
V.3.2 Analisis Data dan Peramalan Data <i>Demand CPO (Crude Palm Oil)</i> PT Salim Ivomas Pratama .....	50
V.4 Melakukan Optimasi Perencanaan Jaringan .....	51
V.4.1 Penentuan Komponen Optimasi Perencanaan Jaringan.....	51
V.4.2 Pembuatan Model Optimasi Perencanaan Jaringan.....	52
V.5 Melakukan Perhitungan Jumlah Payload.....	54



<b>BAB VI Perancangan Self-Propelled Barge .....</b>	<b>57</b>
VI.1 Pendahuluan.....	57
VI.2 Penentuan Owner Requirement .....	58
VI.3 Penentuan Ukuran Utama Pembanding <i>Self-Propelled Barge</i> .....	58
VI.4 Pembuatan Model Optimasi Ukuran Utama.....	60
VI.4.1 Penentuan Variabel.....	60
VI.4.2 Penentuan Parameter .....	60
VI.4.3 Penentuan Batasan.....	60
VI.4.4 Penentuan fungsi objektif.....	62
VI. 5 Running Model Iterasi Solver Barge .....	64
VI.6 Pengecekan Perhitungan.....	66
VI.6.1 Perhitungan Hambatan.....	66
VI.6.2 Perhitungan Berat dan Titik Berat .....	71
VI.6.3 Pemeriksaan Stabilitas .....	75
VI.6.4 Pemeriksaan Ruang Muat.....	76
VI.6.5 Pemeriksaan Freeboard.....	77
VI.7 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum Barge.....	78
VI.7.1 Rencana Garis <i>Self-Propelled Barge</i> .....	79
VI.7.2 Rencana Umum <i>Self-Propelled Barge</i> .....	83
VI.7.3 Pemeriksaan Trim.....	84
<b>Bab VII Kesimpulan &amp; Saran .....</b>	<b>87</b>
VII.1 Pendahuluan .....	87
VII.2 Kesimpulan.....	88
VII.3 Saran.....	89
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>90</b>



## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Nilai $C_b$ untuk Tiap Tipe Bow (Analysis of hull resistance of pushed barges in shallow water) menurut (Tomasz Tabaczek, 2005).....	15
Tabel 2.2 Nilai Koeffisien $1+k_2$ Berdasarkan Jenis Tonjolannya.....	29
Tabel 3.1 Tabel Pembagian Provinsi Kalimantan Tengah.....	34
Tabel 5.1 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Sampit .....	47
Tabel 5.2 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Bagendang.....	48
Tabel 5.3 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Bumiharjo.....	48
Tabel 5.4 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Banjarmasin.....	49
Tabel 5.5 Analisa Data dan Peramalan Data Pabrik WILM AR Indonesia.....	50
Tabel 5.6 Analisa Data dan Peramalan Data Pabrik Salim Ivomas Pratama.....	51
Tabel 5.7 Perhitungan Lama Bongkar Muat Kapal Muat Curah Cair .....	55
Tabel 6.1 Data Kapal Pembanding .....	59



## Daftar Gambar

Gambar 2.1 Kandungan Asam Lemak Minyak Sawit .....	8
Gambar 2.2 Macam-macam Produk Olahan Minyak Kelapa Sawit.....	9
Gambar 2.3 <i>Labelling</i> Muatan Berbahaya .....	10
Gambar 2.4 Truk Tanki dan Bulking Station Crude Palm Oil .....	11
Gambar 2. 5 Panduan Pengangkutan <i>Dangerous Liquid in Bulk</i> .....	13
Gambar 2.6 Macam-macam Moda Transportasi Pengangkut <i>Liquid in Bulk</i> .....	13
Gambar 2. 8 Diagram Desain Spiral Evans .....	25
 Gambar 3.1 Peta Persebaran Kelapa Sawit Kalimantan Tengah .....	37
Gambar 3.2 Terminal Curah Cair Pelabuhan Bagendang.....	38
 Gambar 4.1 Alur Metodologi Penelitian Pengerjaan Tugas Akhir .....	41
Gambar 4.2 Konsep Pengertian Proses Optimasi .....	44
 Gambar 5.2 Pemodelan Optimasi Jumlah Muatan yang Diangkut.....	52
Gambar 5.3 <i>Running</i> Model Optimasi Muatan dengan <i>Software Excel</i> .....	53
 Gambar 6.2 Grafik Berat Material Baja dengan Harga Material .....	62
Gambar 6.3 Grafik Berat Permesinan dengan Harga Material .....	63
Gambar 6.4 Grafik Berat Perlengkapan dengan Harga Material .....	63
Gambar 6.5 Hasil Optimasi Ukuran Utama kapal .....	64
Gambar 6. 6 Proses <i>Running</i> Optimasi Ukuran Utama Kapal.....	65
Gambar 6. 7 Tampilan Solver Saat Semua Batasan Terpenuhi .....	65
Gambar 6. 9 Tampilan 4 Sudut Pandang Maxsurf.....	80
Gambar 6. 10 Tampilan <i>Input Size Surface</i> .....	80
Gambar 6. 11 Tampilan <i>settings design grid</i> .....	81
Gambar 6.14 Rencana Garis <i>Self-Propelled Barge</i> .....	82
Gambar 6.15 Rencana Umum <i>Self -Propelled barge</i> .....	84





*"Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah sampai ia kembali." (HR Tirmidzi)*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

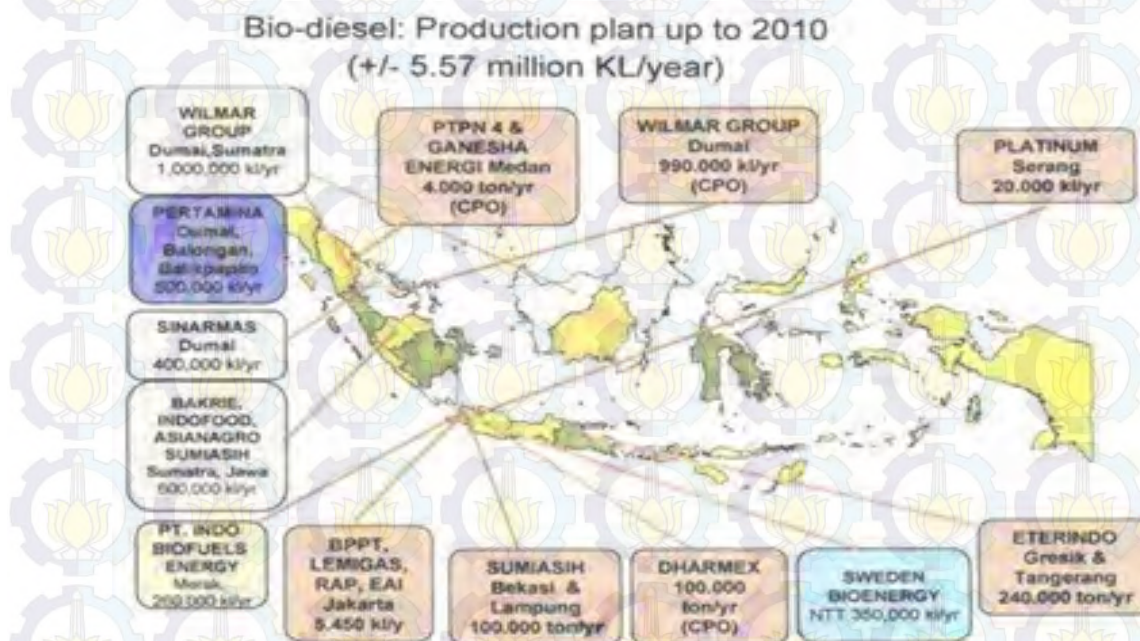
### **I.1 Gambaran Umum**

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang permasalahan yang dijadikan sebagai topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir dimana bab ini juga berisikan rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, hipotesis, serta sistematika dalam penulisan Tugas Akhir. Pembahasan permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini terdapat pada sub bab rumusan masalah. Dari permasalahan tersebut diperlukannya ruang lingkup atau batasan masalah agar tidak menyimpang jauh dari pembahasan yang sudah ditentukan, yang diatur dalam sub bab batasan masalah. Kemudian untuk sub bab tujuan, serta manfaat membahas untuk apa tugas akhir ini dibuat dan manfaat apa saja yang diperoleh dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Serta dalam sub bab sistematika penulisan berisi bagaimana format penulisan Tugas Akhir ini.



## I.2 Latar Belakang

Salah satu prioritas pembangunan yang ditetapkan Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Tengah dalam mencapai Visi Daerah sebagai pusat perdagangan dan jasa yang terkemuka di Indonesia Timur dan Asia Pasifik adalah pembangunan pertanian dalam arti luas. Kalimantan Tengah dengan kekayaan sumberdaya dan agroekologinya menyimpan potensi pengembangan komoditi pertanian seperti kelapa sawit, saat ini saja Provinsi Kalimantan Tengah sebagai salah satu penyuplai CPO terbesar di Indonesia, setelah Riau, Sumatera Utara, dan Jambi mampu memproduksi CPO hingga 1,1 juta ton per tahun dengan luas areal tanam kelapa sawit mencapai 530 ribu hektar (BPS Kalteng, 2006). Tetapi permasalahannya sendiri adalah di Kalimantan belum terdapat pabrik pengolahan hilir dari hasil produksi kelapa sawit ini seperti pabrik minyak goreng atau pabrik sabun. Sehingga hampir seluruh dari hasil produksi tersebut dibawa ke Pulau Jawa untuk diolah. Saat ini produksi nasional hasil olahan minyak kelapa sawit seperti Bio-diesel didominasi oleh pabrik-pabrik di pulau Jawa sebesar 51,4 %, disusul Sumatera sebesar 47,5 % , dan Kalimantan Barat 1.1 % (BPPMD Kaltim, 2009)



Gambar 1.1 Peta Persebaran Pabrik Pengolah Minyak Sawit Menjadi Bio-diesel

(sumber : <https://bahanbakarminyak.files.wordpress.com>)

Dalam prakteknya dewasa ini pengiriman CPO (*Crude Palm Oil*) ke Pulau Jawa dilayani oleh kapal-kapal tanker besar yang secara teknis dirasa kesulitan jika harus dioperasikan di Kalimantan yang notabene perkebunan sawitnya bukan di pinggiran pantai



melainkan berada di dekat muara-muara sungai. Karna ukuran kapal tanker yang biasa digunakan untuk mengangkut CPO (*Crude Palm Oil*) berukuran besar maka dibutuhkan sebuah moda transportasi yang lebih fleksibel dengan kondisi perairan sungai yang memiliki karakteristik perairan pasang surut cepat dan arus yang deras sehingga salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengangkutan CPO (*Crude Palm Oil*) dengan menggunakan kapal tongkang yang ditarik menggunakan tug boat. Karena keuntungan kapal tongkang sendiri yang dapat dioperasikan di perairan dengan kedalaman terbatas seperti di sungai. Selain itu ada keuntungan lain jika menggunakan kapal tongkang, yaitu : bongkar muat lebih cepat dan biaya pelabuhan lebih murah karena volume ruangan tertutup kecil (Aryawan, 2010).

Tetapi masalah baru kembali muncul yaitu permasalahan keselamatan, jika pada bulan-bulan tertentu gelombang di Laut Jawa sedang tinggi maka kapal tongkang yang ditarik tug boat tersebut tidak diijinkan berlayar karena jika gelombang tinggi dikhawatirkan tali yang menghubungkan antara tug boat dan tongkang tersebut bisa merenggang dan tongkang bisa terbalik. Selain itu kebanyakan kapal tug boat yang menarik sebuah tongkang akan membutuhkan daya mesin yang lebih besar dari kapal tongkang yang memiliki penggerak sendiri atau biasa disebut *Self -Propelled Barge*. Seperti disebutkan dalam Tugas Akhir yang ditulis oleh Bachtiar Andy Ibrahim dengan judul “Studi Perbandingan Teknis dan Ekonomis Antara Barge Ditarik Tug Boat dan Barge Menggunakan *Self Propulsion*” yang dalam kesimpulannya dibutuhkan daya (2x883) kw untuk barge yang ditarik tug boat dan dibutuhkan daya 700 kw untuk barge yang memiliki system *Self Propulsion*.

### **I.3 Rumusan Masalah**

Sehubungan dengan latar belakang tersebut di atas permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Bagaimana menentukan besar *supply* dan *demand* pada kondisi pasar ?
- Bagaimana menentukan rute yang optimum beserta perhitungan kapasitas muatan *Crude Palm Oil* yang akan diangkut ?
- Bagaimana menentukan ukuran utama kapal *Self -Propelled CPO (Crude Palm Oil) Barge* yang optimal ?
- Bagaimana mendesain Rencana Garis, Rencana Umum, dan peralatan bongkar-muatnya ?



#### **I.4 Batasan Masalah**

- Lingkup penelitian yang dibahas hanya sampai *concept design*.
- Tidak sampai membahas perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.
- Kapal tongkang yang dimaksud adalah kapal *Self -Propelled Barge* yang dapat mengangkut CPO (Crude Palm Oil).
- Analisis yang dilakukan meliputi komponen dan perhitungan hambatan, berat dan titik berat, stabilitas, perhitungan volume ruang muat, lambung timbul, trim, perhitungan biaya pembangunan, serta desain Rencana Garis dan Rencana Umum.
- Menggunakan kapal baja.
- Kondisi dan fasilitas bongkar muat yang ada dianggap telah memenuhi.
- Rute yang diteliti adalah dari Pelabuhan Bagendang, Kabupaten Kotawaringin Timur menuju Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya

#### **I.5 Tujuan**

Adapun tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk :

- Menentukan besar *supply* dan *demand* dari kebutuhan pasar sesuai dengan umur ekonomis dari kapal yang akan dibuat.
- Menentukan rute pelayaran kapal dan *payload Crude Palm Oil* yang akan diangkut.
- Menentukan ukuran utama kapal *Self - Propelled CPO(Crude Palm Oil) Barge* yang optimal.
- Mendesain Rencana Garis dan Rencana Umum serta menentukan cara bongkar-muat muatan.

#### **I.6 Manfaat**

Dari penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat bagi beberapa pihak.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh adalah :

1. Dari penelitian ini diharapkan akan dapat diaplikasikan dan digunakan di lapangan.
2. Untuk menyelesaikan permasalahan transportasi CPO (*Crude Palm Oil*) dari Kalimantan ke Jawa.
3. Sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.

## **I.7 Hipotesis**

Jika penelitian ini dilakukan akan dihasilkan desain kapal *Self-Propelled CPO(Crude Palm Oil) Barge* yang akan berfungsi mentransportasikan minyak kelapa sawit dari Kalimantan ke Jawa.

## **1.8 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah serta batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini, manfaat yang diperoleh, dan sistematika penulisan laporan.

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tugas Akhir. Dasar-dasar teori serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir tercantum dalam bab ini.

### **BAB III. TINJAUAN DAERAH**

Bab ini berisikan pemaparan data mengenai daerah operasional dari kapal yang akan didesain. Dalam bab ini berisi informasi mengenai daerah pelayaran, kondisi laut, dan faktor-faktor pendukung operasional kapal.

### **BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literature, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.



## BAB V. ANALISA PENENTUAN JUMLAH MUATAN

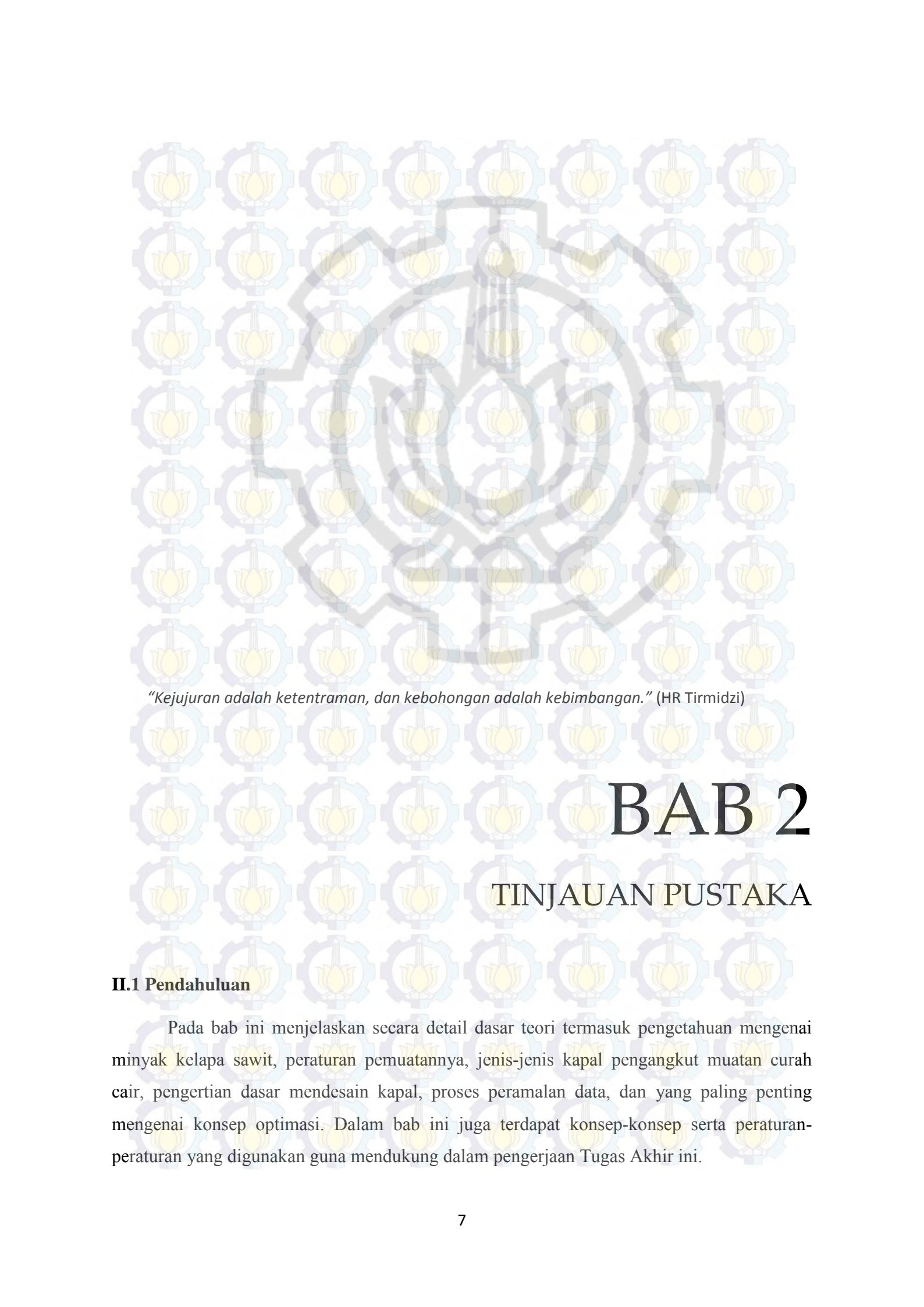
Bab ini merupakan tujuan pertama dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dibahas mengenai proses optimasi rute pelayaran kapal demi mendapat rute pelayaran kapal yang dianggap optimum. Kemudian dilanjutkan dengan tahap perhitungan jumlah muatan bersih yang akan diangkut oleh kapal atau biasa disebut dengan *payload*.

## BAB VI. DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE*

Bab ini merupakan tujuan kedua dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dilakukan optimasi ukuran utama kapal dengan fungsi tujuan biaya pembangunan yang paling minimum. Selain itu pada proses optimasi ukuran utama diberikan parameter yaitu *payload*, kecepatan kapal, massa jenis muatan dan batasan yang digunakan adalah batasan dari peraturan dan kondisi perairan sekitar. Selanjutnya setelah ditemukan ukuran optimum kapal yang diinginkan dibuatlah rencana garis dan rencana umum.

## BAB VII. KESIMPULAN & SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya



*“Kejujuran adalah ketentraman, dan kebohongan adalah kebimbangan.” (HR Tirmidzi)*

# BAB 2

## TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan secara detail dasar teori termasuk pengetahuan mengenai minyak kelapa sawit, peraturan pemuatannya, jenis-jenis kapal pengangkut muatan curah cair, pengertian dasar mendesain kapal, proses peramalan data, dan yang paling penting mengenai konsep optimasi. Dalam bab ini juga terdapat konsep-konsep serta peraturan-peraturan yang digunakan guna mendukung dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

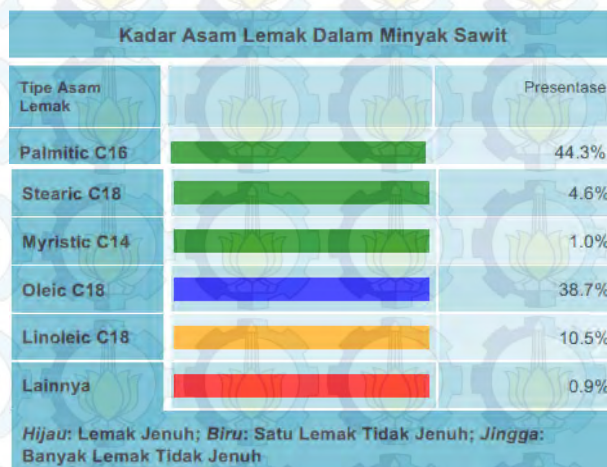


## II.2 Minyak Kelapa Sawit (*Crude Palm Oil*)

### II.2.1 *Crude Palm Oil*

*Crude Palm Oil* atau yang lebih dikenal dengan minyak kelapa sawit merupakan tumbuhan yang tumbuh di iklim tropis. Saat ini sekitar 85 % produksi kelapa sawit di dunia dihasilkan dari kebun-kebun kelapa sawit yang ada di Indonesia dan Malaysia (Masykur, 2013). Minyak kelapa sawit ini berbeda dengan minyak yang dihasilkan dari inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) ataupun minyak kelapa, hal ini ditandai dengan perbedaan kadar lemak jenuh yang terkandung dalam minyak sawit itu sendiri.

Kandungan asam lemak di dalam minyak sawit yaitu :



Gambar 2.1 Kandungan Asam Lemak Minyak Sawit

(sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Minyak\\_sawit](http://id.wikipedia.org/wiki/Minyak_sawit))

### II.2.2 Pemanfaatan *Crude Palm Oil*

Jika dilihat dari pemanfaatannya minyak kelapa sawit atau CPO (*Crude Palm Oil*) bisa dibagi menjadi tiga kelompok besar yaitu untuk bahan makanan dan obat, kosmetik, serta dapat juga dimanfaatkan dalam industri kimia. Untuk penjelasan lebih detailnya dapat dilihat dibawah ini :

#### 1. Pemanfaatan minyak kelapa sawit dalam indsutri bahan makanan dan obat

Dari minyak sawit CPO (*Crude Palm Oil*) dan PKO (*Palm Kernel Oil*) dapat digunakan sebagai bahan baku dari bahan makanan seperti mentega, minyak goreng atau minyak makan, dan berbagai jenis asam lemak nabati. Pemrosesan yang digunakan untuk merubah minyak sawit menjadi bahan makanan digambarkan sebagai berikut : fractionating, hydrogenation, refining, bleaching dan deodorizing. Selain sebagai bahan baku, minyak sawit juga digunakan sebagai bahan penolong (aditif) pembuatan cokelat, es krim, pakan ternak, vanaspati, berbagai jenis asam lemak dan makanan ringan lainnya.



## 2. Pemanfaatan minyak kelapa sawit dalam industri kosmetik

Dari minyak sawit dapat dihasilkan berbagai kosmetik dan obat-obatan seperti Cream, Shampo, Lotion, Pomade, Vitamin. Minyak sawit lebih mudah diabsorpsi kulit dibandingkan dengan minyak lainnya sehingga relatif lebih efektif dalam penggunaannya. Minyak sawit mengandung vitamin E yang disebut sebagai tocopherol dan tocotrienol.

## 3. Pemanfaatan minyak kelapa sawit dalam industri kimia

Minyak sawit juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan oleochemical, baik oleokimia dasar maupun oleokimia turunan seperti glycerol, fatty acid, fatty alcohol, fatty amines, fatty ester, methyl etilene dan senyawa opoksi. Selanjutnya zat-zat ini digunakan sebagai bahan baku beberapa produk seperti cat, bahan pencetak, pasta gigi, farmasi dan obat-obatan, plastik, minyak diesel, kerosene dan gasoline.



Gambar 2.2 Macam-macam Produk Olahan Minyak Kelapa Sawit

### II.2.3 Metode Pemuatan CPO (*Crude Palm Oil*)

Seperti yang diketahui bahwasannya minyak kelapa sawit merupakan muatan yang dikemas dalam bentuk curah (bulk), dimana pengertian dari muatan curah adalah “muatan tidak dikemas dan dikapalkan sekaligus dalam jumlah besar” (Sudjatmiko, 1967), dari kutipan pengertian diatas dapat diartikan bahwa muatan curah memiliki karakteristik unik yang dapat mempengaruhi risiko keselamatan transportasi ketika perjalanan menuju pelabuhan tujuan. Maka dari itu diperlukan penanganan khusus agar transportasi muatan curah cair ini dapat berlangsung aman, bahkan kebijakan pemerintah pada Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 1993 menyebutkan pada setiap pengiriman barang muatan curah, harus dilengkapi dengan dokumen berisi keterangan nama dan alamat perusahaan , nama barang, tempat tangki timbun di pelabuhan (Shore tank), tanggal pengiriman, berat bersih, tempat/negara tujuan, dan keterangan-keterangan lain yang diperlukan.







2. Kemudian *crude palm oil* yang merupakan hasil akhir pengolahan pabrik tersebut dibawa oleh truk tanki ke pelabuhan atau *bulking station*. *Bulking Station* adalah fasilitas penimbunan CPO (*Crude Palm Oil*) yang terdiri dari beberapa tangki timbun yang tempatnya berada di dekat pelabuhan. Bulking bertujuan untuk mempermudah proses bongkar muat pengapalan CPO, mengefisiensikan waktu dengan memperpendek waktu sandar kapal dan mengontrol kualitas mutu CPO sebelum di kapalkan menuju pabrik refinery.
3. Kemudian *crude palm oil* dari penyimpanan tersebut dipompa menuju kapal-kapal pengangkut CPO. Kapal –kapal yang biasanya digunakan mengangkut CPO (*Crude palm Oil*) ini adalah kapal tanker atau kapal *tow barge* jenis *tank barge*, yang banyak digunakan dalam pengangkutan hasil perkebunan minyak kelapa sawit di daerah muara sungai Kalimantan.



Gambar 2.4 Truk Tanki dan Bulking Station Crude Palm Oil

(sumber : <http://skgroup.co.id/images/operation/onshore.jpg> )

Kapal-kapal yang mengangkut muatan curah cair memiliki persyaratan sendiri dimana kapal tanker atau kapal pengangkut muatan curah cair adalah kapal yang direncanakan untuk mengangkut produk-produk bersifat liquid dengan kepadatan 37 – 49 cubic feet per ton (fpt) dan mempunyai titik nyala dibawah 60 derajat Celcius (Sanjaya, 2010).

Kapal pengangkut muatan cair memiliki karakteristik khusus yang harus diperhatikan saat merencanakan konstruksinya. Muatan zat cair yang selalu mengambil posisi sejajar dengan garis air pada waktu kapal oleng menyebabkan kapal tanker umumnya dilengkapi dengan sekat melintang dan sekat memanjang untuk mengurangi pengaruh momen dari luas permukaan bebasnya. Selain itu, dilengkapi dengan instalasi pompa untuk bongkar muat dari dan ke kapal. Letak kamar mesin pada kapal tanker mayoritas diletakkan di daerah belakang kapal yang dimaksudkan untuk menghindari bahaya kebakaran selain untuk menghemat



ruangan, karena apabila mesin berada di tengah poros kemudi semakin panjang dan memerlukan ruangan poros.

### II.3.2 Kapal Pengangkut CPO (*Crude palm Oil*)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terhadap kapal yang akan disewa untuk mengangkut CPO (*Crude Palm Oil*), diantaranya adalah kelaikan kapal. Masalah-masalah yang sering dijumpai pada pengapalan CPO (*Crude palm Oil*) sebagai berikut:

- Tangki kapal berkarat.
- Sistem pemipaan, logam termometer, dan peralatan untuk pengambilan analisis contoh karatan.
- Koil pemanas kapal terbuat dari logam paduan aluminium dan kuningan.
- Tangki masih mengandung residu berbau tengik yang berasal dari kargo sebelumnya dan residu bahan kimia pembersih tangki.

Kondisi tangki kapal dan fasilitas pendukung yang demikian akan menimbulkan kontaminasi logam berat, seperti Fe, Cu, dan Pb serta kontaminasi bahan kimia organik, seperti Toluene, Ethylene, Decolide, dan Styrene (Ufron, 2008).

Sehingga perlu adanya sebuah peraturan untuk kapal-kapal yang akan digunakan dalam pengangkutan CPO (*Crude palm Oil*), bicara mengenai *rules and regulations* yang mengatur mengenai kapal pengangkut curah cair banyak sekali hal yang perlu diperhatikan dan diikuti, mengingat kepedulian masyarakat dunia dewasa ini terhadap pencemaran lingkungan oleh limbah minyak sangat tinggi. Tapi bukan hanya keselamatan terhadap lingkungan saja yang perlu diperhatikan, keselamatan dari kapal dan muatannya juga perlu dirancang sedemikian rupa agar karakteristik dari *dangerous goods* ini seperti sifatnya yang mudah terbakar, mudah meledak, beracun, dan lain-lain tadi bisa diantisipasi dan diminimalisir. Beberapa peraturan mengenai keselamatan serta perlindungan dari dan untuk kapal tanker sendiri sudah dibuat, mulai dari peraturan yang sifatnya internasional sampai yang sifatnya regional seperti peraturan pemerintahan (*flag state*) sudah ada, seperti :

- Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Maritim (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 27, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5109)
- Keputusan Presiden Nomor 46 Tahun 1986 Tentang Pengesahan International Convention For The Prevention Of Pollution From Ships 1973, Beserta Protokol
- SOLAS 1974 Chapter VII : Carriage of dangerous goods yang dijabarkan lebih detail pada IMDG Code, dan



- MARPOL yaitu pada Annex I (Preventions of Pollution by Oil) dan Annex II (Preventions of Pollution Noxious Liquid Substances in Bulk)



Gambar 2. 5 Panduan Pengangkutan *Dangerous Liquid in Bulk*

(sumber : <http://www.imo.org/MARPOL>)

### II.3.3 Perkembangan Kapal Pengangkut Muatan Curah Cair

Perkembangan jenis pengangkut muatan curah cair berkembang disesuaikan dengan jenis barang muatan yang dibawanya dan kondisi kebutuhan industri dewasa ini, seperti :

- Super Tanker

Kapal tanker jenis ini merupakan kapal tanker yang dibuat guna memenuhi kebutuhan industri pada saat ini yang membutuhkan sebuah alat transportasi massal yang efektif dan efisien dari sisi kapasitas muatnya. Berikut jenis kapal-kapal tanker sesuai kapasitas muatnya ULCC (Ultra Large Crude Carrier) berkapasitas 500.000 ton, VLCC (Very Large Crude Carrier/Malaccamax) berkapasitas 300.000 ton, Suezmax yang dapat melintasi Terusan Suez dalam muatan penuh, berkapasitas 125.000-200.000 ton, Aframax (Average Freight Rate Assessment) berkapasitas 80.000-125.000 ton, Panamax, yang dapat melintasi pintu di Terusan Panamá, berkapasitas 50.000-79.000 ton.



Gambar 2.6 Macam-macam Moda Transportasi Pengangkut *Liquid in Bulk*



- **Chemical Tanker**

Kapal tanker ini dirancang khusus untuk membawa muatan atau cargo dalam bentuk curah utamanya cairan kimia yang bersifat mudah terbakar, berbahaya, beracun, korosif & bereaksi dengan air.

- **Gas Carrier (LNG & LPG) Tanker**

Kapal tanker ini dirancang khusus untuk mengangkut Gas (baik yang Natural Gas seperti Methane atau Petroleum Gas seperti Propane & Butane) muatan dalam bentuk curah. Umumnya tangki dirancang khusus untuk tekanan tinggi dan temperatur di dinginkan sampai  $-50$  derajat celcius.

- ***Self-Propelled Oil Barge***

Kapal *Self-Propelled Barge* biasa difungsikan sebagai sarana transportasi sungai dan kanal untuk memuat barang-barang yang berjumlah besar dan berat, seperti batu bara, kayu, dan pasir. Selain itu, kapal ini sering digunakan untuk mengangkut barang curah kering ataupun curah cair, seperti CPO (*Crude Palm Oil*).

### **II.3.4 Kapal Self-Propelled Barge**

Secara umum dapat digambarkan bahwa *Self-Propelled Barge (SPB)* adalah kapal yang mempunyai bentuk seperti tongkang namun menggunakan tenaga pendorong sendiri. seperti kapal pada umumnya, tongkang jenis ini mempunyai bentuk haluan dan buritan seperti kapal pada umumnya akan tetapi pada bagian lambung cenderung lebih gemuk dan mempunyai kapasitas ruang muat lebih lega. Apabila dibandingkan dengan biaya pembangunan kapal SPB mempunyai biaya pembangunan yang lebih rendah  $1/3$  kali dari kapal konvensional pada umumnya (Handoyo, 2010). Selain itu daya mesin yang dibutuhkan *Self-Propelled Barge* untuk mengangkut jumlah muatan yang sama lebih kecil jika dibandingkan dengan kapal tongkang konvensional lainnya.

#### **II.3.4.1 Karakteristik Barge di Perairan Dangkal**

Perbedaan barge di perairan dangkal dengan barge pada umumnya terletak pada tinggi saratnya. Barge di perairan dangkal dibatasi oleh kedalaman perairan yang tidak memungkinkan untuk memiliki ukuran sarat yang tinggi. Namun dilain pihak barge tersebut tetap dituntut untuk dapat mengangkut muatan yang besar. Selain itu nilai ekonomis lainnya juga harus tetap dipertahankan. Barge yang beroperasi di perairan dangkal beroperasi pada kecepatan  $10 - 15$  km/jam.



Untuk itu diperlukan juga bentuk badan kapal yang baik agar *power* yang diperlukan untuk mendorong barge tidak terlalu besar. Berikut adalah bentuk barge dengan ukuran koefisien blok yang telah banyak beroperasi di daerah eropa :

Bow type	EIBB	EIIBM	EIBV2	EIBH	ELI	ELIM	WALE	WALC	B	B3	HEL
Cb	0.952	0.952	0.956	0.951	0.950	0.949	0.962	0.949	0.974	0.952	0.939

Tabel 2.1 Nilai Cb untuk Tiap Tipe Bow (Analysis of hull resistance of pushed barges in shallow water) menurut (Tomasz Tabaczek, 2005)



Gambar 2.7 Macam-macam Bentuk Bow Pada Barge

## II.4 Metode Peramalan Data

### II.4.1 Metode Kuantitatif

Peramalan nilai dari suatu variabel atau beberapa variabel pada masa yang akan datang sangat diperlukan sebagai dasar atau pedoman dalam pembuatan rencana yang menyangkut masa mendatang, dan metode peramalan data yang paling cocok untuk mendapatkan suatu nilai yang dapat dihitung dan dianggap lebih valid adalah peramalan data dengan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif atau model matematis yang beragam dengan data masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang dipergunakan dalam peramalan tersebut.



Baik tidaknya metode yang digunakan tergantung dengan perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin kecil penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang akan terjadi maka semakin baik pula metode yang digunakan. Metode kuantitatif dapat diterapkan apabila :

- a. Tersedia data dan informasi masa lalu
- b. Data dan Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik
- c. Diasumsikan beberapa aspek masa lalu akan terus berlanjut di masa datang.

Metode peramalan secara kuantitatif di kelompokkan menjadi dua :

- *Causal Forecasting* : Meliputi regresi berganda, model ekonometrik dan sebagainya.
- *Time Series Forecasting* : Metode ini membahas proyeksi masa depan suatu variabel berdasarkan data historis dan data saat ini.

Berdasarkan metode yang digunakan pada Tugas Akhir ini, maka hanya akan dijabarkan tentang Time Series Forecasting saja, berikut dijabarkan macam-macam metode Time Series Forecasting :

- a. Metode Naif

Cara sederhana untuk peramalan ini mengasumsikan bahwa permintaan dalam periode berikutnya adalah sama dengan peramalan dalam periode sebelumnya. Pendekatan naif ini merupakan model peramalan objektif yang paling efektif dan efisien dari segi biaya. Paling tidak pendekatan naif memberikan titik awal untuk perbandingan dengan model lain yang lebih canggih.

- b. Metode Rata-rata Bergerak (Moving Average)

Rata-rata bergerak adalah suatu metode peramalan yang menggunakan rata-rata periode terakhir data untuk meramalkan periode berikutnya.

$$\text{Rata - rata Bergerak} = \frac{\sum \text{Permintaan dalam periode } n \text{ sebelumnya}}{n}$$

Rumus pembobotan rata-rata bergerak

$$\text{Pembobotan rata - rata bergerak} = \frac{\sum (\text{bobot periode } n)(\text{permintaan dalam periode } n)}{\sum \text{bobot}}$$

Dimana n adalah jumlah periode dalam rata-rata

Metode ini dapat menghaluskan fluktuasi tiba-tiba dalam pola permintaan untuk menghasilkan estimasi yang stabil. Metode ini mempunyai masalah :

1. Meningkatkan ukuran n memang menghaluskan fluktuasi dengan lebih baik tetapi metode ini kurang sensitive untuk perubahan nyata dalam data.



2. Rata-rata bergerak tidak dapat memanfaatkan trend dengan baik.
3. Karena merupakan rata-rata, rata-rata bergerak akan selalu berada dalam tingkat masa lalu dan tidak akan memprediksi perubahan ke tingkat yang lebih tinggi maupun yang lebih rendah.

c. Metode Eksponential Smoothing

Metode eksponential smoothing merupakan pengembangan dari metode moving averages. Dalam metode ini peramalan dilakukan dengan mengulang perhitungan secara terus menerus dengan menggunakan data terbaru. Setiap data diberi bobot, data yang lebih baru diberi bobot yang lebih besar. Rumus metode eksponential smoothing :

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

dimana :  $F_t$  = Peramalan baru

$F_{t-1}$  = Peramalan sebelumnya

$\alpha$  = Konstanta penghalusan ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$A_{t-1}$  = Permintaan aktual periode lalu

**Menghitung kesalahan peramalan**

Ada beberapa perhitungan yang biasa digunakan untuk menghitung kesalahan dalam peramalan. Tiga dari perhitungan yang paling terkenal adalah :

- ✓ Deviasi mutlak rata-rata (*mean absolute deviation = MAD*)

MAD adalah nilai yang dihitung dengan mengambil jumlah nilai absolut dari setiap kesalahan peramalan dibagi dengan jumlah periode data (n).

$$MAD = \frac{\sum | \text{Aktual} - \text{Peramalan} |}{n}$$

- ✓ Kesalahan kuadrat rata-rata (*mean absolute deviation = MSE*)

$$MSE = \frac{\sum (\text{Kesalahan peramalan})^2}{n}$$

- ✓ Kesalahan persen mutlak rata-rata (*mean absolute percent = MAPE*)

$$MAPE = \frac{\sum ((\text{Deviasi absolut} / \text{nilai aktual}) \times 100)}{n}$$



#### d. Metode Trend Projection

Adalah suatu metode peramalan serangkaian waktu yang sesuai dengan garis tren terhadap serangkaian titik-titik data masa lalu, kemudian diproyeksikan ke dalam peramalan masa depan untuk peramalan jangka menengah dan jangka panjang. Persamaan garis :

$$\hat{y} = a + bx$$

Dimana :  $y$  = variabel yg akan diprediksi

$a$  = konstanta

$b$  = kemiringan garis regresi

$x$  = variabel bebas (waktu)

Dengan metode kuadrat terkecil (MKT) didapat :

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad a = \bar{y} - b\bar{x}$$

## II.5 Perencanaan Rute Transportasi

### II.5.1 Pemilihan Lokasi Pelabuhan

Pelabuhan merupakan salah satu pusat ekonomi suatu wilayah. Karena peranannya yang sangat penting ini, maka pemilihan lokasi pelabuhan yang tepat harus dilakukan. Suatu pelabuhan dinyatakan mempunyai lokasi yang tepat dapat ditinjau dari beberapa faktor berikut:

- Secara geografis

Pelabuhan dinyatakan tepat secara geografis jika pelabuhan tersebut didukung oleh potensi daerah hinterland yang akan menggunakan jasa pelabuhan tersebut. Misalnya, suatu pelabuhan yang difokuskan untuk melayani kapal – kapal pengangkut CPO (*Crude Palm Oil*), maka pelabuhan tersebut sebaiknya dibangun di sekitar wilayah yang mempunyai pabrik pengolahan kelapa sawit.

- Secara teknis

Pelabuhan dinyatakan tepat secara teknis jika pelabuhan tersebut mampu melayani kapal dan muatan yang akan menggunakan jasa pelabuhan tersebut. Pelabuhan harus memiliki fasilitas dan peralatan yang memadai untuk mendukung kegiatan bongkar muat agar dapat berjalan sebagaimana mestinya. Fasilitas dan peralatan yang diperlukan di pelabuhan erat kaitannya dengan jenis kapal, jenis barang, kemasan dan aspek operasional lainnya yang terkait.



Secara umum fasilitas pokok yang harus dimiliki pelabuhan terdiri dari :

- Fasilitas tambatan  
Jumlah tambatan pelabuhan / dermaga yang diperlukan untuk menangani volume barang yang melalui pelabuhan itu sendiri.
- Fasilitas penumpukan dan penyimpanan  
Untuk menunjang fungsinya sebagai tempat transit dan distribusi, pelabuhan memerlukan tempat untuk penumpukan ataupun penyimpanan barang. Ukuran luas areal penyimpanan barang bergantung dari jenis dan volume barang yang akan disimpan.
- Peralatan bongkar muat  
Fasilitas bongkar-muat merupakan komponen penting dalam pelayanan jasa pelabuhan. Oleh karena itu dalam pemilihan peralatan bongkar muat diperlukan sebuah kajian secara menyeluruh. Beberapa hal yang diperlukan dalam menentukan jumlah, jenis dan kapasitas peralatan diantaranya :
  1. Jenis dan kemasan yang akan ditangani
  2. Jumlah dan frekuensi barang yang harus ditangani
  4. Sistem penanganan, bagaimana cara barang tersebut ditangani
  5. Waktu penanganan dan kecepatan bongkar muat yang diinginkan.



## II.5.2 Optimasi Jaringan

### II.5.2.1 Metode Simplex

Metode simpleks merupakan salah satu teknik penentuan solusi optimal yang digunakan dalam pemrograman linear. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu dengan cara perhitungan iteratif. Sehingga penentuan solusi optimal dengan simpleks dilakukan dengan tahap demi tahap yang disebut iterasi. Salah satu kegunaan dari metode simplex ini adalah digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi seperti pada pembahasan tugas akhir ini. Bentuk dasar problem linear yang akan diselesaikan bisa dituliskan sebagai berikut :

Objective function:

$$\max/\min f(X) = \sum_{i=1}^n c_i X_i$$

Technological constraints:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n = b_1,$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n = b_2,$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m,$$

dimana ada asumsi non negatif dalam bentuk:

$$X_i \geq 0, \quad (i=1, \dots, n)$$

digunakan bentuk matriks untuk memudahkan perhitungan

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z \\ x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Z \\ x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \geq 0$$

Beberapa istilah yang digunakan dalam metode simpleks menurut Hotniar (2005: 56-57), penjelasannya diantaranya sebagai berikut :

1. **Iterasi**, seperti yang disebutkan sebelumnya adalah tahapan perhitungan dimana nilai dalam perhitungan itu tergantung dari nilai tabel sebelumnya.
2. **Variabel non basis**, adalah variabel yang nilainya diatur menjadi nol pada sembarang iterasi. Dalam terminologi umum, jumlah variabel non basis selalu sama dengan derajat bebas dalam sistem persamaan.
3. **Variabel basis**, merupakan variabel yang nilainya bukan nol pada sembarang iterasi. Pada solusi awal, variabel basis merupakan variabel slack (jika fungsi kendala



- menggunakan pertidaksamaan  $\leq$ ) atau variabel buatan (jika fungsi kendala menggunakan pertidaksamaan  $\geq$  atau  $=$ ). Secara umum, jumlah variabel batas selalu sama dengan jumlah fungsi pembatas (tanpa fungsi non negatif)
4. **Solusi** atau **Nilai Kanan (NK)**, merupakan nilai sumber daya pembatas yang masih tersedia. Pada solusi awal, nilai kanan atau solusi sama dengan jumlah sumber daya pembatas awal yang ada, karena aktivitas belum dilaksanakan.
  5. **Variabel Slack**, adalah variabel yang ditambahkan ke model matematik kendala untuk mengkonversikan pertidaksamaan  $\leq$  menjadi persamaan ( $=$ ). Penambahan variabel ini terjadi pada tahap inisialisasi. Pada solusi awal, variabel slack akan berfungsi sebagai variabel basis.
  6. **Variabel Surplus**, adalah variabel yang dikurangkan dari model matematik kendala untuk mengkonversikan pertidaksamaan  $\geq$  menjadi persamaan ( $=$ ). Penambahan variabel ini terjadi pada tahap inisialisasi. Pada solusi awal, variabel surplus tidak dapat berfungsi sebagai variabel bebas.
  7. **Variabel Buatan**, adalah variabel yang ditambahkan ke model matematik kendala dengan bentuk  $\geq$  atau  $=$  untuk difungsikan sebagai variabel basis awal. Penambahan variabel ini terjadi pada tahap inisialisasi. Variabel ini harus bernilai 0 pada solusi optimal, karena kenyataannya variabel ini tidak ada. Variabel ini hanya ada di atas kertas.
  8. **Kolom Pivot (Kolom Kerja)**, adalah kolom yang memuat variabel masuk. Koefisien pada kolom ini akan menjadi pembagi nilai kanan untuk menentukan baris pivot (baris kerja).
  9. **Baris Pivot (Baris Kerja)**, adalah salah satu baris dari antara variabel baris yang memuat variabel keluar.
  10. **Elemen Pivot (Elemen Kerja)**, adalah elemen yang terletak pada perpotongan kolom dan baris pivot. Elemen pivot akan menjadi dasar perhitungan untuk tabel simpleks berikutnya.
  11. **Variabel Masuk**, adalah variabel yang terpilih untuk menjadi variabel basis pada iterasi berikutnya. Variabel masuk dipilih satu dari antara variabel non basis pada setiap iterasi. Variabel ini pada iterasi berikutnya akan bernilai positif.
  12. **Variabel Keluar**, variabel yang keluar dari variabel basis pada iterasi berikutnya dan digantikan dengan variabel masuk. Variabel keluar dipilih satu dari antara variabel basis pada setiap iterasi dan bernilai 0.



### II.5.2.2 Perhitungan Muatan

Kapasitas (ukuran) muatan bersih (Payload) kapal yang akan melayani transportasi antar titik dalam sistem dapat dinyatakan sbb :

$$\text{Cap max} = \left( \frac{Q_{\max}}{nvXRtpa} \right)$$

Dimana :

Cap max = muatan bersih

nv = jumlah kapal yang beroperasi

Rtpa = jumlah Roundtrip yang dilakukan per periode

Diambil  $Q_{\max}$  karena kualitas barang yang akan diangkut per tahun berdasarkan matriks aliran barang pada sistem yang sudah ada. Hal ini menjamin bahwa semua barang yang ada akan terangkut oleh armada kapal yang akan direncanakan, atau dapat pula dinyatakan sebagai :

$$Q_{\max} = \text{Max} \{q_{ijk}\}, \forall_1 = j = 1, 2, \dots, T_{nk} \\ k = 1, 2, \dots, n_{reg}$$

Sedangkan untuk jumlah waktu per Roundtrip mempunyai komponen yaitu lama pelayaran, total waktu untuk bongkar muat di pelabuhan dan jumlah seluruh waktu tunggu di pelabuhan :

$$R_{\text{trip}} = T_{\text{sea}} + T_{\text{handle}} + T_{\text{wait}}$$

Dimana :

$R_{\text{trip}}$  = waktu yang dibutuhkan untuk sekali perjalanan PP

$T_{\text{sea}}$  = lama waktu di laut ( saat layar ) per trip

$T_{\text{handle}}$  = lama waktu bongkar muat di pelabuhan per trip

$T_{\text{wait}}$  = lama waktu tunggu di pelabuhan per trip

Untuk masing – masing komponen dapat ditulis sebagai berikut :

$$T_{\text{sea}} = \left( \frac{\text{Jarak}}{24 \times Vs} \right)$$

$$T_{\text{handle}} = \sum_{k=i}^{n_{\text{reg}}} \sum_{l=j=1}^{n_{\text{port}}} \left( \frac{X_{uik} + X_{ijk}}{rik} \right)$$

$$T_{\text{wait}} = \sum_{k=i}^{n_{\text{reg}}} TW_{ik}$$



Dimana :

$V_s$  = kecepatan kapal saat operasi

$n_{reg}$  = jumlah region yang dimasukkan dalam satu system

$X_{ijk}$  = aliran kargo per periode dari pelabuhan  $i$  ke node  $j$  di region  $k$

$Xu_{ik}$  = jumlah barang yang dibongkar di pelabuhan  $i$  di region  $k$  per trip

$r_{ik}$  = kecepatan bongkar muat kargo di pelabuhan  $i$  di region  $k$

## II.6 Teori Desain

Seorang desainer kapal atau *naval architect* harus mampu menterjemahkan apa yang disebut *owner requirement* ke dalam spesifikasi teknis. Hal ini bertujuan untuk menjadikan *owner requirement* yang pada umumnya bersifat abstrak menjadi hal yang standard dan mudah diidentifikasi.

Selain itu proses mendesain kapal bukan merupakan kegiatan sekali jalan yang artinya dengan satu kali alur proses desain semua parameter akan terpenuhi, banyak tahapan-tahapan desain yang harus dilalui oleh seorang desainer dalam merancang. Konsep desain berulang dan bertahap ini dikenal dengan nama desain spiral, dimana untuk desain spiral ini dibagi kedalam 4 bagian dan diawali dengan proses desain statement, berikut penjelasan singkat mengenai tahapan-tahap dalam mendesain:

### 1. Design Statement

*Design statement* digunakan untuk mendefinisikan atau memberikan gambaran tentang tujuan dan kegunaan barang, benda, atau fasilitas yang akan dibangun. Ini berguna sebagai arahan bagi seorang perancang kapal dalam menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika merancang.

### 2. Concept Design

*Concept design* adalah tahap pertama dalam proses desain yang menerjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain (Evans, 1959). Pembuatan konsep desain, membutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) dalam proses pencarian ukuran utama ataupun karakter-karakter lainnya yang bertujuan untuk memenuhi kecepatan, range (*endurance*), kapasitas, dan *deadweight*.

Konsep desain bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva, ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan



estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal, dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Langkah-langkah dalam konsep desain adalah sebagai berikut :

- Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan melakukan perbandingan beberapa kapal sejenis yang sudah ada.
- Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama.
- Memilih proses *iterative* yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan.
- Membuat ukuran yang sesuai (analisis ataupun subyektif) untuk desain.
- Mengoptimasi ukuran utama kapal.
- Mengoptimasi detail kapal.

### 3. Preliminary Design

*Preliminary design* adalah tahap selanjutnya dari *concept design*. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan ulang yang terkait dengan *performance* kapal (Evans, 1959). Hasil dari pemeriksaan ulang diharapkan tidak banyak mengubah apa yang sudah ada di tahap konsep desain. Sehingga proses desain bisa berlanjut ke tahap berikutnya.

Hasil dari tahap *preliminary design* ini akan menjadi dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi di tahapan berikutnya. Adapun tahap *preliminary design* ditandai dengan beberapa langkah sebagai berikut :

- Melengkapi bentuk lambung kapal.
- Pemeriksaan terhadap analisis detail struktur kapal.
- Penyelesaian desain bagian interior kapal.
- Perhitungan stabilitas dan hidrostatik kapal
- Mengevaluasi kembali perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal.
- Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal.
- Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail.

### 4. Contract Design

Sama seperti sebelumnya, pada tahap *contract design* masih dimungkinkan terjadi perbaikan-perbaikan hasil dari tahap *preliminary design* (Evans, 1959). Sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan teliti, terutama pada beberapa hal sebagai berikut :

- *hull form* dengan memperbaiki *lines plan*
- tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*
- *seakeeping* dan *maneuvering*,



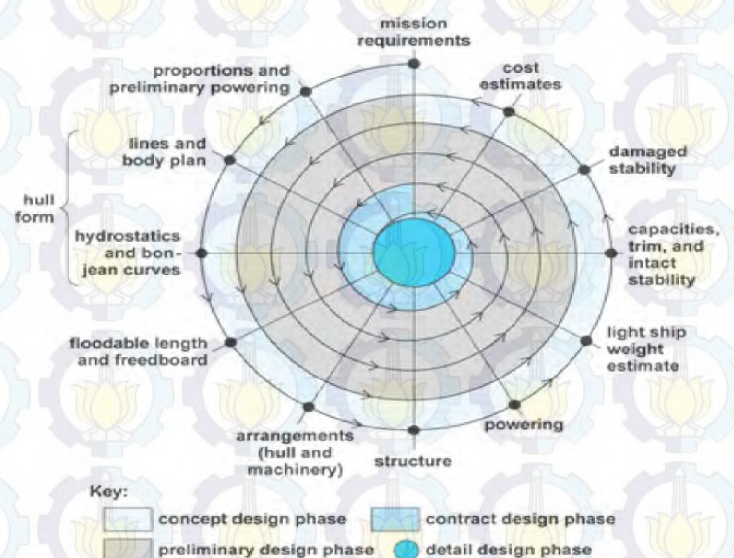
- sistem propulsi (misalnya : pengaruh jumlah *propeller* terhadap badan kapal).
- detail konstruksi, pemakaian jenis baja dan tipe gading.

Selain beberapa hal di atas, dilakukan juga perhitungan berat dan titik berat yang didasarkan pada posisi dan berat masing-masing item konstruksi. Pembuatan *General Arrangement* yang lebih detail dibuat di tahap ini, termasuk juga di dalamnya kepastian terhadap kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar, dan ruang akomodasi.

Spesifikasi rencana standar kualitas dari bagian badan kapal dan peralatannya dibuat setelah selesai dengan perbaikan beberapa hal di atas. Termasuk juga di dalamnya mengenai metode *function test* untuk memastikan kondisi dan *performance* kapal mendekati *mission requirement* awal. Hasil akhir dari *contract design* ini adalah dokumen kontrak pembuatan kapal.

## 5. Detail Design

*Detail design* adalah tahapan terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini, hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail (Evans, 1959). Disamping itu, pada detail desain diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi. Sehingga para pekerja di bagian produksi bisa melaksanakan pembangunan kapal. Pada tahapan ini bisa dipastikan tidak ada lagi perubahan. Meski demikian, terkadang perlu ada revisi dalam prosentase yang kecil sebagai akibat adanya ketidaksesuaian di lapangan.



Gambar 2. 7 Diagram Desain Spiral Evans



## II.7 Teori Mendesain Kapal

Seperti dijelaskan pada sub bab sebelumnya, bahwasannya dalam mendesain sebuah kapal seorang desainer harus mampu menterjemahkan *owner requirement* ke dalam bahasa teknis, dimana dalam bahasa teknis tersebut akan muncul beberapa parameter-parameter awal yang akan dihasilkan sebagai tolak ukur awal dalam mendesain kapal. Parameter-parameter tadi harus dipenuhi oleh seorang desainer kapal dengan tujuan untuk memuaskan dan memenuhi kebutuhan *owner requirement*. Banyak metode yang digunakan dalam mendesain kapal. Berbagai macam metode ini menggunakan model pendekatan desain yang berbeda-beda dan memiliki acuan yang berbeda-beda pula. Berbagai macam metode ini nantinya akan dianalisa, diseleksi, dan dipilih metode mana yang paling mendekati agar kapal tersebut ketika diproduksi nantinya memiliki nilai ketepatan atau presisi yang tinggi antara desain dengan kondisi realita di lapangan. Metode-metode desain yang dikenal dalam dunia perkapalan antara lain adalah:

### 1. Parent Design Approach

*Parent design approach* merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini *designer* sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

- Dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja.
- *Performance* kapal terbukti (*stabilitas, motion, resistance*)

### 2. Trend Curve Approach

Dalam proses perancangan kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan main dimension. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

### 3. Iteratif Design Approach

Iteratif desain adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping, testing, dan analyzing*.. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada. Proses desain



kapal memiliki sifat iteratif yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja (sudah berpengalaman dengan menggunakan *knowledge*).

#### 4. Parametric Design Approach

*Parametric design approach* adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter misalnya (L, B, T, Cb, LCB dll) sebagai *main dimension* yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatannya ( $R_t$ ), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain.

#### 5. Optimation Design Approach

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, desain yang optimum dicari dengan menemukan desain yang akan meminimalkan *economic cost of transport* (ECT). Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, *freeboard*, *trim*, dan harga kapal.

## II.8 Tinjauan Teknis Merancang Kapal

### II.8.1 Penentuan Ukuran Utama Dasar

Dalam proses perancangan kapal terdapat langkah-langkah perhitungan untuk menentukan ukuran utama kapal yang dirancang berdasarkan kapal-kapal pembanding. Langkah-langkah ini berlaku pada umumnya untuk berbagai tipe kapal. Ukuran utama yang dicari harus sesuai dengan jenis kapal yang telah ditentukan. Sebagai langkah awal, dicari berbagai variasi DWT kapal tanker berdasarkan ukuran. Adapun ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding adalah:

#### 1. Lpp (*Length between Perpendicular*)

Panjang yang diukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/FP*).

#### 2. LWL (*Length Waterline*)

Panjang garis air yaitu panjang permukaan badan kapal dari perpotongan linggi haluan dan stem yang terkena air.

#### 3. Bm (*Moulded Breadth*)

Lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.



#### 4. H (Height)

Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai titik atas balok geladak sisi kapal.

#### 5. T (Draught)

Jarak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

### II.8.2 Perhitungan Teknis Mendesain Kapal

#### 1. Melakukan koreksi displacement dengan berat kapal

##### a. Perhitungan Berat LWT

*Self-Propelled Barge* merupakan kapal baja, oleh karena itu pada tahap ini perhitungan berat baja kapal dilakukan dengan rumus dari buku *Practical Ship Design* (Watson D. , 1998). Selain menghitung berat baja kapal kosong, juga dilakukan perhitungan berat perlengkapan, berat permesinan serta berat cadangan. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah:

##### - Perhitungan berat baja kapal :

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36}$$

$$E = L(B+T) + 0.85 L (D-T) + 0.85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0.75(l_2 \cdot h_2)\}$$

Dimana :

K = koefisien factor

Untuk tug boat K = 0.044 ±0.002

##### - Perhitungan berat perlengkapan

$$W_o = C_o \times L \times B$$

$C_o$  = outfit weigh coefficient

##### - Berat Permesinan

$$W_m = W_{ME} + W_{prop} + W_{electrical} + W_{residual}$$

##### b. Menghitung DWT kapal

Dalam perancangan *Self-Propelled Barge* ini komponen DWT yang dihitung adalah dari payload dan consumable. Dalam perhitungan consumable dipengaruhi oleh jenis mesin



yang kaitannya dengan perhitungan SFR serta ada juga pengaruh dari BHP mesin serta jumlah kru yang ada di atas kapal saat beroperasi. Jumlah kru yang bekerja pada kapal *Self-Propelled Barge* diperoleh dari rumus untuk penentuan nilai minimumnya, dan ditambahkan pula beberapa kru sesuai owner requirement.

## 2. Menganalisa hambatan *Self-Propelled Barge*

Dalam menentukan hambatan kapal tunda menggunakan metode Holtrop.

*Total Resistance:*

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot (C_F (1+k) + C_A) + (R_w/W) \cdot W$$

Variable-variabelnya yaitu:

### **Hambatan kekentalan ( viscous resistance)**

Hambatan kekentalan adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan mengintegrasikan tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. persamaannya adalah:

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_{FO} \cdot (1+k_1) \cdot S$$

Dimana:

$1+k_1$  = factor bentuk lambung kapal

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1,081} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L^3/V)^{0,3649} \cdot (1-C_p)^{-0,6042}$$

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{app}/S_{tot}$$

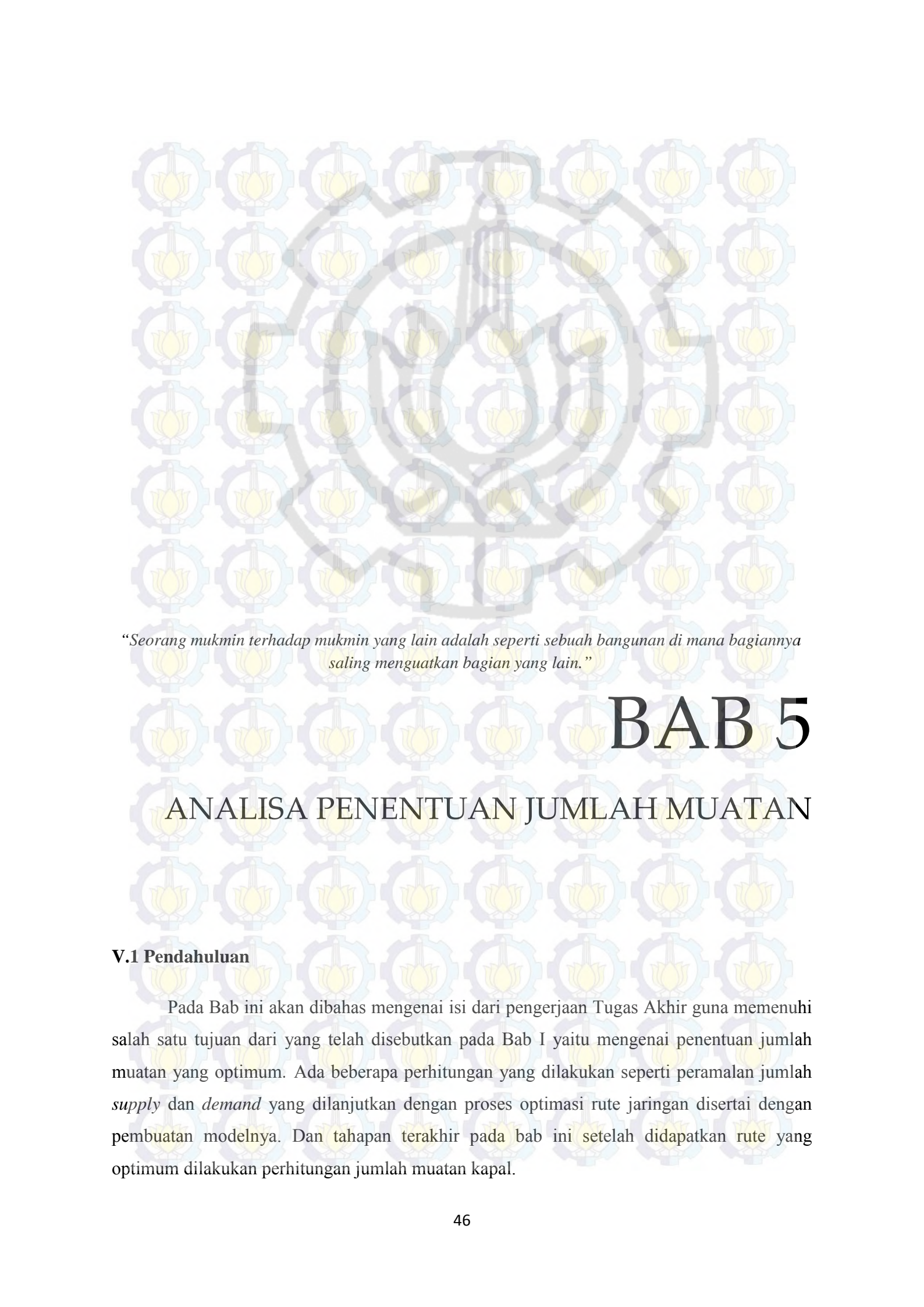
$1+k_2$  = koefisien karena bentuk tonjolan pada lambung kapal

Harga  $1+k_2$  (Holtrop, 1984) ditunjukkan pada table berikut:

Type of Appendages	Value of $1+k_2$
Rudder of single screw ships	1.3 to 1.5
Spade type rudder of twin screw ships	2.8
Skeg-rudders of twin-screw ships	1.5 to 2
Shaft Brackets	3.0
Bossing	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

Tabel 2.2 Nilai Koefisien  $1+k_2$  Berdasarkan Jenis Tonjolannya





*“Seorang mukmin terhadap mukmin yang lain adalah seperti sebuah bangunan di mana bagiannya saling menguatkan bagian yang lain.”*

# BAB 5

## ANALISA PENENTUAN JUMLAH MUATAN

### V.1 Pendahuluan

Pada Bab ini akan dibahas mengenai isi dari pengerjaan Tugas Akhir guna memenuhi salah satu tujuan dari yang telah disebutkan pada Bab I yaitu mengenai penentuan jumlah muatan yang optimum. Ada beberapa perhitungan yang dilakukan seperti peramalan jumlah *supply* dan *demand* yang dilanjutkan dengan proses optimasi rute jaringan disertai dengan pembuatan modelnya. Dan tahapan terakhir pada bab ini setelah didapatkan rute yang optimum dilakukan perhitungan jumlah muatan kapal.



## V.2 Melakukan Pengumpulan Data dan Peramalan Data Pada Pelabuhan hub

Data yang akan dikumpulkan antara lain adalah jumlah *supply* dari pelabuhan-pelabuhan yang akan dijadikan terminal hub. Karena mengingat judul dari Tugas Akhir ini adalah mengenai perencanaan transportasi CPO (*Crude Palm Oil*) dari Kalimantan menuju ke Jawa maka dipilihlah beberapa dermaga hub yang berada di Kalimantan yaitu Pelabuhan Bumiharo sebagai perluasan dari Pelabuhan Kumai di Kabupaten Kotawaringin Barat Provinsi Kalimantan Tengah, Pelabuhan Banjarmasin, dan 2 pelabuhan yang dioperatori oleh PELINDO III di Kabupaten Kotawaringin Timur Provinsi Kalimantan Tengah yaitu Pelabuhan Sampit dan Pelabuhan Bagendang. Ke empat dari pelabuhan ini dipilih dikarenakan prospek perkembangannya yang cukup pesat dan di pelabuhan tersebut sudah tersedia juga fasilitas untuk bongkar muat utamanya fasilitas penyimpanan dan bongkar muat untuk muatan CPO (*Crude Palm Oil*).

### V.2.1 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Sampit

Pada analisis data dan peramalan produksi di Pelabuhan Sampit ini digunakan pengumpulan data sekunder dan dilanjutkan oleh peramalan jumlah produksi menggunakan metode *Time Average Forecasting* untuk mendapatkan jumlah produksi sesuai dengan umur ekonomis rata-rata kapal yang sedang berlayar. Data yang kami dapatkan adalah data yang tersedia dalam kurun 5 tahun mulai dari tahun 2005 sampai tahun 2009 dan dicari *trend* perkembangan di tiap tahunnya, yang ditampilkan sebagai berikut :

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)	Presentase kenaikan produksi (tiap tahun)
1	2005	77,898	
2	2006	67,596	-15.24%
3	2007	72,431	6.68%
4	2008	123,951	41.56%
5	2009	103,457	-19.81%

Tabel 5.1 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Sampit

Dimana dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata kenaikan produksi tiap tahunnya adalah sebesar 3,30 %. Dan selanjutnya dilakukan peramalan jumlah produksi dari perhitungan rata-rata kenaikan produksi tersebut selama umur ekonomis kapal yang direncanakan yaitu selama 10 tahun, dan diperkirakan jumlah produksi CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2026 yakni sebesar 179.595 ton.



### V.2.2 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Bagendang

Pada analisis data dan peramalan produksi di Pelabuhan Bagendang ini digunakan pengumpulan data sekunder dan dilanjutkan oleh peramalan jumlah produksi menggunakan metode *Time Average Moving Forecasting* untuk mendapatkan jumlah produksi sesuai dengan umur ekonomis rata-rata kapal yang sedang berlayar. Data yang kami dapatkan adalah data yang tersedia dalam kurun 3 tahun mulai dari tahun 2010 sampai tahun 2012 dan dicari *trend* perkembangan di tiap tahunnya, yang ditampilkan sebagai berikut :

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)	Presentase kenaikan produksi (tiap tahun)
1	2010	200,000	
2	2011	220,000	10.00%
3	2012	330,000	33.33%

Tabel 5.2 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Bagendang

Dimana dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata kenaikan produksi tiap tahunnya adalah sebesar 21.67 %. Dan selanjutnya dilakukan peramalan jumlah produksi dari perhitungan rata-rata kenaikan produksi tersebut selama umur ekonomis kapal yang direncanakan yaitu selama 10 tahun, dan diperkirakan jumlah produksi CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2026 yakni sebesar 5,139,448 ton.

### V.2.3 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Bumiharjo

Pada analisis data dan peramalan produksi di Pelabuhan Bumiharjo ini digunakan pengumpulan data sekunder dan dilanjutkan oleh peramalan jumlah produksi menggunakan metode *Time Average Forecasting* untuk mendapatkan jumlah produksi sesuai dengan umur ekonomis rata-rata kapal yang sedang berlayar. Data yang kami dapatkan adalah data yang tersedia dalam kurun 5 tahun mulai dari tahun 2004 sampai tahun 2008 dan dicari *trend* perkembangan di tiap tahunnya, yang ditampilkan sebagai berikut :

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)	Presentase kenaikan produksi (tiap tahun)
1	2004	466,777	
2	2005	466,893	0.02%
3	2006	442,007	-5.63%
4	2007	442,098	0.02%
5	2008	420,557	-5.12%

Tabel 5.3 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Bumiharjo

Dimana dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata kenaikan produksi tiap tahunnya adalah sebesar 2.68 %. Dan selanjutnya dilakukan peramalan jumlah produksi dari perhitungan rata-rata kenaikan produksi tersebut selama umur ekonomis kapal



yang direncanakan yaitu selama 10 tahun, dan diperkirakan jumlah produksi CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2026 yakni sebesar 676,583 ton.

#### V.2.4 Analisis Data dan Peramalan Data Produksi CPO di Pelabuhan Banjarmasin

Pada analisis data dan peramalan produksi di Pelabuhan Banjarmasin ini digunakan pengumpulan data sekunder dan dilanjutkan oleh peramalan jumlah produksi menggunakan metode *Time Average Forecasting* untuk mendapatkan jumlah produksi sesuai dengan umur ekonomis rata-rata kapal yang sedang berlayar. Data yang kami dapatkan adalah data yang tersedia dalam kurun 5 tahun mulai dari tahun 2007 sampai tahun 2011 dan dicari *trend* perkembangan di tiap tahunnya, yang ditampilkan sebagai berikut :

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)	Presentase kenaikan produksi (tiap tahun)
1	2007	136,500	
2	2008	120,000	-13.75%
3	2009	279,000	56.99%
4	2010	230,000	-21.30%
5	2011	269,000	14.50%

Tabel 5.4 Analisa Data dan Peramalan Data Pelabuhan Banjarmasin

Dimana dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata kenaikan produksi tiap tahunnya adalah sebesar 9.11%. Dan selanjutnya dilakukan peramalan jumlah produksi dari perhitungan rata-rata kenaikan produksi tersebut selama umur ekonomis kapal yang direncanakan yaitu selama 10 tahun, dan diperkirakan jumlah produksi CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2026 yakni sebesar 911,505 ton.

#### V.3 Melakukan Pengumpulan Data dan Peramalan Data Pada Dermaga Demand

Setelah melakukan pengumpulan dan analisa data untuk kemampuan produksi yang sanggup dipenuhi oleh pelabuhan hub yang berada di Pulau Kalimantan selanjutnya kita melakukan pengumpulan dan analisa data kebutuhan atau *demand* pabrik-pabrik pengolah CPO (*Crude Palm Oil*) menjadi produk jadi dan siap konsumsi seperti : minyak goreng, bahan baku kosmetik, dan lain sebagainya. Maka dari itu akan dipilih 2 perusahaan yang akan dianalisa kebutuhan akan bahan baku CPO (*Crude palm Oil*) yaitu PT WILMAR Indonesia yang berada di Kota Gresik Jawa Timur dan PT Salim Ivomas Pratama yang berlokasi di Kota Surabaya, kedua perusahaan ini dipilih karena dirasa mempunyai prospek yang bagus dan sudah mempunyai dermaga sendiri, seperti PT WILMAR Indonesia yang sudah mempunyai dermaga bongkar muatan CPO (*Crude palm Oil*) di kawasan Ujung Pangkah dan PT Salim Ivomas Pratama yang memiliki dermaga bongkar muatan di daerah sekitar Tanjung Perak Surabaya.



Penting adanya untuk memperhitungkan fasilitas atau kemampuan bongkar muatan pabrik pengolah CPO (*Crude palm Oil*), karena jika pabrik itu sudah memiliki dermaga sendiri maka secara otomatis untuk proses desain selanjutnya akan lebih mudah untuk dirumuskan seperti kebutuhan apakah kapal nantinya akan membawa alat bongkar muat sendiri atau seperti apa. Metode peramalan data yang digunakan sama dengan pada waktu melakukan peramalan jumlah produksi pada saat di dermaga hub yaitu dengan metode peramalan data *Time Average Moving Forecasting*.

### V.3.1 Analisis Data dan Peramalan Data *Demand CPO (Crude Palm Oil)* PT WILMAR Indonesia

Pada analisis data dan peramalan produksi di PT WILMAR Indonesia ini digunakan pengumpulan data sekunder dan dilanjutkan oleh peramalan jumlah produksi menggunakan metode *Time Average Forecasting* untuk mendapatkan jumlah produksi sesuai dengan umur ekonomis rata-rata kapal yang sedang berlayar. Data yang kami dapatkan adalah data yang tersedia dalam kurun 5 tahun mulai dari tahun 2010 sampai tahun 2016 dan dicari *trend* perkembangan di tiap tahunnya, yang ditampilkan sebagai berikut :

No	Tahun	Jumlah Permintaan (ton)	Presentase kenaikan kebutuhan bahan baku (tiap tahun)
1	2010	200,000	
2	2012	276,000	27.54%
3	2014	182,500	-51.23%
4	2015	182,500	0.00%
5	2016	547,500	66.67%

Tabel 5.5 Analisa Data dan Peramalan Data Pabrik WILMAR Indonesia

Dimana dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata kenaikan *demand* tiap tahunnya adalah sebesar 10.74%. Dan selanjutnya dilakukan peramalan jumlah produksi dari perhitungan rata-rata kenaikan produksi tersebut selama umur ekonomis kapal yang direncanakan yaitu selama 10 tahun, dan diperkirakan jumlah produksi CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2026 yakni sebesar 1,518,894 ton.

### V.3.2 Analisis Data dan Peramalan Data *Demand CPO (Crude Palm Oil)* PT Salim Ivomas Pratama

Pada analisis data dan peramalan produksi di PT Salim Ivomas Pratama ini digunakan pengumpulan data sekunder dan dilanjutkan oleh peramalan jumlah produksi menggunakan metode *Time Average Forecasting* untuk mendapatkan jumlah produksi sesuai dengan umur ekonomis rata-rata kapal yang sedang berlayar. Data yang kami dapatkan adalah data yang



tersedia dalam kurun 5 tahun mulai dari tahun 2007 sampai tahun 2011 dan dicari *trend* perkembangan di tiap tahunnya, yang ditampilkan sebagai berikut :

No	Tahun	Jumlah Permintaan (ton)	Presentase kenaikan kebutuhan bahan baku (tiap tahun)
1	2007	384,000	
2	2008	514,000	25.29%
3	2009	563,000	8.70%
4	2010	540,000	-4.26%
5	2011	538,000	-0.37%

Tabel 5.6 Analisa Data dan Peramalan Data Pabrik Salim Ivomas Pratama

Dimana dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata kenaikan *demand* tiap tahunnya adalah sebesar 7.34%. Dan selanjutnya dilakukan peramalan jumlah produksi dari perhitungan rata-rata kenaikan produksi tersebut selama umur ekonomis kapal yang direncanakan yaitu selama 10 tahun, dan diperkirakan jumlah produksi CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2026 yakni sebesar 1,556,933 ton.

#### V.4 Melakukan Optimasi Perencanaan Jaringan

Pada Sub Bab ini akan dilakukan proses optimasi rute pelayaran dengan metode simpleks, dimana metode simpleks merupakan salah satu teknik penyelesaian dalam program linier yang digunakan sebagai teknik pengambilan keputusan dalam permasalahan yang berhubungan dengan pengalokasian sumberdaya secara optimal. Metode simpleks digunakan untuk mencari nilai optimal dari program linier yang melibatkan banyak constraint (pembatas) dan banyak variabel (lebih dari dua variabel). Banyak komponen yang harus diketahui sebelum membuat perhitungan optimasi dengan menggunakan metode simplex ini seperti jumlah variabel, fungsi tujuan, dan batasan-batasan yang diberikan.

##### V.4.1 Penentuan Komponen Optimasi Perencanaan Jaringan

Ada 4 komponen penting dari kegiatan optimasi pada umumnya, hal ini pula yang dijadikan acuan dalam pembuatan komponen optimasi dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain :

- *Objective Function* : Berisi rumusan atau formulasi yang akan dioptimumkan nilainya bisa jadi nilai minimum atau nilai maksimum.
- *Decision variabel* : Berisi variabel yang nilainya dapat mempengaruhi proses iterasi nilai optimum fungsi tujuan.
- *Parameter* : Berisi nilai *input* seperti jumlah produksi, jarak pelayaran, biaya transportasi.



- #### V.4.2 Pembuatan Model Optimasi Perencanaan Jaringan

Book3 - Microsoft Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Calibri 11 A A Wrap Text General

B I U A Merge & Center \$ % .00 00 0.0

Clipboard Font Alignment Number Styles Cell Insert Delete Format AutoSum Fill Sort & Find & Filter Select Clear

Formatting as Table Styles Cells Editing

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Route	$t_{12}$ (km)	$t_{13}$ (km,ton)	$X_{12}$ (ton)	$C_{12}$ (Rp/ton)	$C_{13}$ (Rp)											
2	I	548	IDR 10,000	179,595	IDR 5,480,000	IDR 984,179,127,206					0	<=	1			Demand	
3	II	580	IDR 10,000	179,595	IDR 5,600,000	IDR 1,005,730,494,355				0	<=	1				1,518,894 ton(Min)	
4	III	626	IDR 10,000	5,139,448	IDR 6,260,000	IDR 32,172,944,471,717	(route II - Bagendang - PT Salm Ivomas) >> 626 km			1	<=	1				PT Salm Ivomas Pratama	1,558,933 ton(Max)
5	IV	638	IDR 10,000	5,139,448	IDR 6,380,000	IDR 32,841,072,715,544				0	<=	1					Supply
6	V	488	IDR 10,000	911,505	IDR 4,880,000	IDR 4,457,260,066,615				0	<=	1				Min	179,595 ton
7	VI	476	IDR 10,000	911,505	IDR 4,760,000	IDR 4,338,784,341,818				0	<=	1				Max	5,319,043 ton
8	VII	567	IDR 10,000	676,583	IDR 5,670,000	IDR 3,836,227,214,101				0	<=	1					
9	VIII	586	IDR 10,000	676,583	IDR 5,860,000	IDR 3,964,778,037,853				0	<=	1					
10	IX 1	706.4	IDR 10,000	5,319,043	IDR 7,064,000	IDR 37,573,717,844,146				0	<=	1					
11	IX 2	713.4	IDR 10,000	5,319,043	IDR 7,194,000	IDR 38,265,193,393,036				0	<=	1					
12											1						
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	

dipilih true

IDR 6,260,000 Biaya yang dikeluarkan untuk mengangkut tiap ton

5,139,448 ton

IDR 32,172,944,471,717 Biaya total yang dikeluarkan untuk transportasi CPO dalam setahun

Pada sekilas gambaran dari pemodelan yang dibuat dapat dilihat bahwa pada kolom F diberi tanda lingkaran merah yang berarti bahwa baris tersebut merupakan baris fungsi tujuan



dari beberapa alternatif rute yang telah dibuat dalam perhitungan optimasi menggunakan metode simpleks ini.

Kemudian untuk kolom yang dilingkari warna biru merupakan parameter-parameter yang dijadikan *input* dalam perhitungan alternatif fungsi tujuan. Yang isinya terdiri dari :

- $r_{ij}$  : Jarak masing-masing antar node dari node 1 (pelabuhan hub) dan node 2 (terminal *demand*)
- $X_{ij}$  : Jumlah produksi masing-masing terminal yang berada di node 1 (pelabuhan hub)
- $t$  : Biaya transportasi rata-rata yang diberikan, dimana nilai biaya ini bergantung selain pada jarak rute tetapi juga bergantung pada jumlah produksi yang dihasilkan.

Lalu untuk baris yang dilingkari dengan warna hijau merupakan salah satu batasan yang diberikan. Pada baris itu diberikan persyaratan harus sama dengan 1 yang menandakan bahwa tiap tahun pada masing-masing pelabuhan hub tersebut hanya mampu sekali melakukan *supply* permintaan kebutuhan. Selanjutnya pada kolom K12 dituliskan bahwa dipilih hanya 1 rute saja hal ini menunjukkan batasan mengenai jenis pelayaran kapal yaitu Liner Service. Sedangkan untuk kolom K2-K11 yang dilingkari coklat menandakan bahwa baris tersebut berisi kolom pivot atau kolom kerja yang nantinya jika rute yang optimum sudah terpilih maka baris tersebut akan menyajikan data dari elemen pivot yang ada didalamnya untuk dipilih menjadi variabel masuk pada perhitungan nilai optimum variabel keluar.

Setelah dilakukan perhitungan optimasi dengan menggunakan program *solver* dari software Microsoft Excel didapat rute optimum dari kapal tersebut adalah dari Pelabuhan Bagendang menuju terminal *demand* milik PT Salim Ivomas Pratama yang berada di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.



Gambar 5.2 Running Model Optimasi Muatan dengan Software Excel



## V.5 Melakukan Perhitungan Jumlah Payload

Setelah ditemukan rute optimum yang akan digunakan selanjutnya adalah penentuan jumlah *payload* kapal dengan *input* dari jumlah muatan yang diangkut dalam setahun dari rute yang sudah terpilih tadi. Rumus dari penentuan jumlah *payload* tadi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Cap max} = \left( \frac{Q \text{ max}}{nvXRtpa} \right)$$

Dimana, Cap Max = muatan bersih atau payload  
Q max = Kuantitas barang yang akan diangkut tiap tahun  
nV = Jumlah kapal yang beroperasi  
Rtpa = Jumlah *roundtrip* yang dilakukan tiap tahun

Karena yang diketahui hanya jumlah muatan atau *payload* yang akan diangkut kapal dalam setahun maka sebelumnya kita harus menentukan terlebih dahulu elemen-elemen lainnya yang ada di dalam formula tersebut, seperti Rtpa atau perencanaan jumlah *roundtrip* yang akan dilakukan dalam setahunnya dan jumlah kapal yang melayani rute tersebut. Untuk perumusan jumlah *roundtrip* sendiri sudah ada formula sendiri yang diberikan yaitu :

$$Rtpa = \frac{ODeff}{Rtrip}$$

Dimana, ODeff = Jumlah hari efektif dalam satu tahun  
Rtrip = Waktu yang dibutuhkan dalam satu kali perjalanan PP

Pada pembahasan ini digunakan lama *operating days* suatu kapal adalah selama 320 dimana asal perhitungan ini didapat dari sumber perusahaan logistic, yang mengasumsikan kapal dalam setahun harus melakukan perawatan setidaknya untuk *docking* atau *annual survey* (LOGINDO, 2013).

Sedangkan waktu yang dibutuhkan kapal dalam satu kali perjalanan pulang-pergi adalah merupakan fungsi dari lama pelayaran, lama waktu bongkar-muat di masing-masing pelabuhan, lama waktu tunggu di kolam tunggu sebelum kapal berlabuh di dermaga atau bisa diformulasikan sebagai berikut :

$$Rtrip = T \text{ sea} + T \text{ handle} + T \text{ wait}$$



Dimana,  $T_{sea}$  = Lama waktu di laut  
 $T_{handle}$  = Lama waktu bongkar muat di pelabuhan per trip  
 $T_{wait}$  = Lama waktu tunggu di pelabuhan per trip

Dan lama waktu di laut dapat dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$T_{sea} = \left( \frac{Jarak}{24 \times Vs} \right)$$

Dengan jarak yang akan ditempuh adalah sepanjang 1.252 km dengan kecepatan maksimum kapal barge yang direncanakan sekitar 9 knot atau 4.63 m/s maka diperoleh waktu berlayar atau waktu di laut selama 67.1 jam.

Selanjutnya adalah mencari lama waktu bongkar muat di kapal yang akan didesain. Formula yang digunakan adalah formula yang biasa digunakan untuk menghitung estimasi lama waktu bongkar muat kapal tanker. Ada beberapa factor lapangan yang dijadikan parameter dalam penghitungan lama waktu bongkar-muat ini dan ada beberapa parameter yang menggunakan asumsi seperti jumlah pompa yang digunakan, frekuensi pompa, dan diameter hose dari pipa. Untuk perhitungannya ditampilkan dalam data table berikut yang akan disertai dengan penjelasan dari urutan pengerjaannya.

Volume tanki ruang muat untuk margin 0 %	4488	cbm	
Volume tanki ruang muat untuk margin 5 %	4712.4	cbm	
Tinggi tanki ruang muat	6.37	m	
Massa jenis muatan	0.88	ton/cbm	
Payload yang diangkut	5100	ton	
Diameter hose	0.2	m	
Frekuensi pompa	2	meter/detik	
Jumlah pompa	3	buah	(mengikuti jumlah ruang muat)
Volume minyak	4488	cbm	
Volume ullage untuk toleransi ruang muat 5 %	224.4	cbm	
Tinggi ullage	0.303	m	
R hose	0.1	m	
Luas penampang hose	0.0314	m <sup>2</sup>	
Volume hose perdetik	0.1884	m <sup>3</sup> /detik	dengan 3 pompa
Waktu yang diperlukan	23821.65605	detik	
	6.617126681	jam	

Tabel 5.7 Perhitungan Lama Bongkar Muat Kapal Muat Curah Cair



Langkah pertama yang dilakukan ketika menghitung lama waktu bongkar-muat kapal dengan metode ini adalah menghitung 2 kondisi volume ruang muat yang tersedia. Untuk kondisi yang pertama adalah volume ruang muat sama dengan volume muatan dan kondisi yang kedua adalah volume ruang muat sama dengan volume muatan ditambah dengan margin 5%. Dari hasil perhitungan itu akan didapatkan hasil volume “ullage” atau volume selisih dari volume ruang muat hasil 2 variasi tadi dan harus memenuhi persyaratan yang menyebutkan bahwa besar volume ullage untuk tanki yang digunakan mengangkut CPO (*Crude palm Oil*) harus memiliki volume “ullage” lebih dari 1.5% dari volume muatan (Eddy, 2009).

Selanjutnya untuk mencari lama waktu bongkar-muat adalah dengan menggunakan acuan frekuensi pompa dan diameter “hoses” yang dipakai, setelah dilakukan perhitungan didapatkan bahwa lama waktu bongkar-muat untuk tiap pelabuhan adalah sekitar 6.62 jam yang kemudian akan dikalikan 2 karena terdapat pelabuhan hub untuk pemuatannya dan terminal *demand* untuk pembongkaran muatannya.

Yang terakhir adalah menghitung waktu tunggu di pelabuhan, dari data yang didapat dari PELINDO III bahwasannya semua waktu tunggu pelabuhan yang dioperasikan oleh PELINDO III untuk bongkar muat curah cair akan disetarakan standard yang akan menjadi acuan adalah 73 jam (PELINDO III, 2013). Sehingga jika ditotal seluruhnya untuk elemen waktu *Rtrip* menghabiskan waktu kurang lebih 226 jam atau sekitar 9 hari. Jadi jumlah *roundtrip* dalam setahun sekitar 34 kali pelayaran.

Dari perhitungan-perhitungan ini selanjutnya bisa dimasukkan ke dalam perhitungan pencarian jumlah payload kapal, karena PT Salim Ivomas Pratama sendiri memiliki rencana akan berinvestasi kapal sehingga memiliki 9 armada kapal (Indomitra, 2010) jadi payload yang akan diangkut kapal tersebut kurang lebih 5.098 ton dan dibulatkan menjadi 5100 ton.





*“Sombong adalah menolak kebenaran dan meremehkan orang lain.”(HR Muslim)*

# BAB 3

## TINJAUAN DAERAH

### III.1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas mengenai karakteristik daerah dimana kapal yang dirancang akan dioperasikan. Penjelasan mengenai kedalaman perairan, sekilas pengenalan daerah, fasilitas dermaga, serta potensi sumber daya kelapa sawit yang terdapat di daerah tersebut dibahas pula dalam bab ini.



### III.2 Sekilas Mengenai Provinsi Kalimantan Tengah

Provinsi Kalimantan Tengah secara geografis terletak di daerah khatulistiwa, yaitu 0°45 LU, 3°30 LS, 111°BT dan 116°BT. Luas wilayah 157.983 Km<sup>2</sup> mencakup 13 kabupaten dan 1 kota dengan 85 kecamatan terdiri dari 1.340 desa dan 101 keluarahan. Jumlah Kecamatan akan meningkat seiring dengan pemekaran Kabupaten tersebut. Semula, daerah Kalimantan Tengah terdiri dari tiga Kabupaten Otonom berasal dari eks Daerah Dayak Besar dan Swapraja Kotawaringin yang termasuk dalam wilayah Keresidenan Kalimantan Selatan. Ketiga Kabupaten otonom itu adalah Kabupaten Barito, Kabupaten Kapuas dan Kabupaten Kotawaringin. Berikut pembagian Kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah berikut dengan ibukotanya :

No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota
1	Kabupaten Barito Selatan	Buntok
2	Kabupaten Barito Timur	Tamiang Layang
3	Kabupaten Barito Utara	Muara Teweh
4	Kabupaten Gunung Mas	Kuala Kurun
5	Kabupaten Kapuas	Kuala Kapuas
6	Kabupaten Katingan	Kasongan
7	Kabupaten Kotawaringin Barat	Pangkalan Bun
8	Kabupaten Kotawaringin Timur	Sampit
9	Kabupaten Lamandau	Nanga Bulik
10	Kabupaten Murung Raya	Puruk Cahu
11	Kabupaten Pulang Pisau	Pulang Pisau
12	Kabupaten Sukamara	Sukamara
13	Kabupaten Seruyan	Kuala Pembuang
14	Kota Palangka Raya	

Tabel 3.1 Tabel Pembagian Provinsi Kalimantan Tengah  
(sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Kalimantan\\_Tengah](http://id.wikipedia.org/wiki/Kalimantan_Tengah))



### III.2 Kondisi Topografi Kalimantan Tengah

Keadaan topografi Kalimantan Tengah pada umumnya datar, kecuali di bagian sebelah utara terdapat pegunungan yang membentang dari barat ke timur. Bagian selatan umumnya merupakan daerah rawa-rawa dengan mata pencaharian penduduk kebanyakan di bidang pertanian pangan dan perikanan. Di bagian tengah umumnya merupakan daerah hutan produksi yang cukup produktif karena Provinsi Kalimantan Tengah termasuk daerah beriklim tropis yang lembab dengan curah hujan rata-rata mencapai 2300 mm per tahun.

Salah satu ciri khas dari Kalimantan Tengah adalah bahwa hampir seluruh wilayahnya dialiri sungai-sungai besar dan kecil yang umumnya mengalir dari utara ke arah selatan. Sungai-sungai tersebut juga berfungsi sebagai prasarana perhubungan utama bagi penduduk. Di antara sungai-sungai besar yang dapat dilayari antara lain Sungai Barito, Sungai Kapuas, Sungai Kahayan, Sungai Katingan, Sungai Mentaya, Sungai Kumai, Sungai Lamandau, dan Sungai Seruyan.

Namun khusus di Kabupaten Kotawaringin Timur dimana merupakan alur pelayaran dari Pelabuhan Bagendang dialiri oleh satu sungai besar dan lima buah cabang sungai yang selama ini hanya dimanfaatkan sebagai prasarana perhubungan dan sebagian kecil untuk pertanian. Sungai-sungai yang terdapat di Kotawaringin Timur yang panjang dan dapat dilayari adalah sebagai berikut:

No	Nama sungai	Panjang (Km)	Dapat dilayari (Km)	Kedalaman rata2 (m)	Lebar rata2 (m)
1.	Mentaya	400	270	6	400
2.	Tualan	48			
3.	Sampit	46			
4.	Cempaga	42			
5.	Kalang	21			
6.	Seranau	20			
7.	Kuayan	18			

Tabel 3-2 Sungai-Sungai di Kabupaten Kotawaringin Timur



### III.4 Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) di Kalimantan Tengah

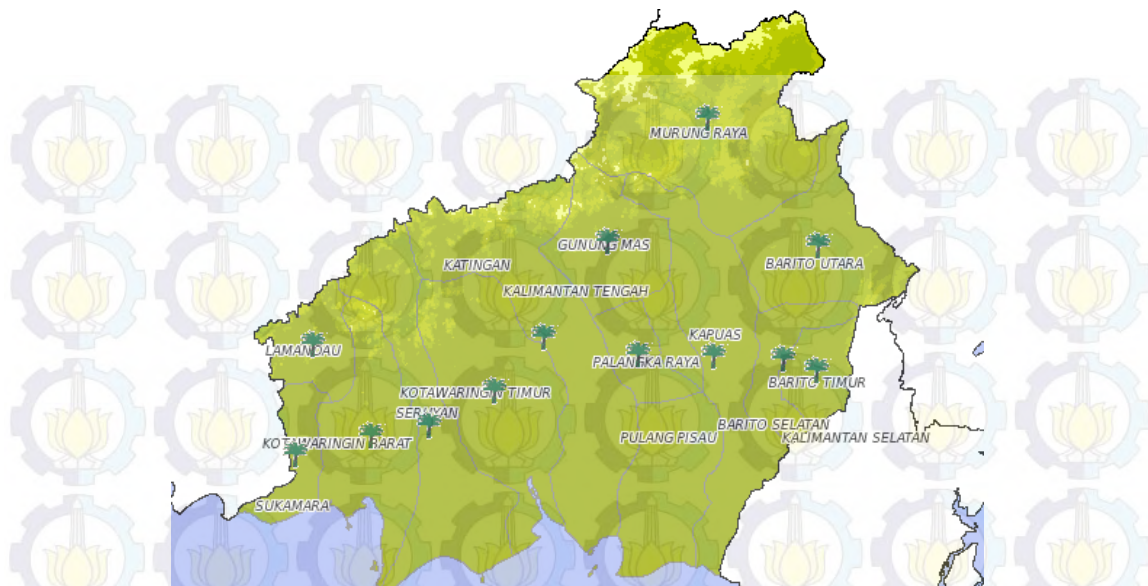
Sebagai provinsi ketiga terluas di Indonesia, Kalimantan Tengah mempunyai kawasan hutan seluas 10.294.388,72 ha atau 64,04% dari total luas wilayahnya. Dengan karakteristik vegetasi penutupan lahan yang unik dan khas, hutan-hutan di provinsi ini dibagi dalam empat tipe penyebaran, masing-masing Hutan Hujan Tropika seluas 10.350.363,87 ha atau 65,51% dari total luas provinsi; Hutan Rawa Tropika seluas 2.383.683,31 ha atau 15,08% dari total luas provinsi; Hutan Rawa Gambut seluas 2.280.789,70 ha atau 14,44 % dari total luas provinsi; dan Hutan Pantai Mangrove seluas 832.573,55 ha atau 5,27% dari total luas provinsi.

Setelah itu pada era pemerintahan Presiden Susilo Bambang Yudhoyono demi menunjang percepatan ekonomi dengan memanfaatkan peluang di sektor pertanian dan perkebunan pada tahun 2007 presiden menerbitkan Inpres Nomor 2 Tahun 2007 tentang Percepatan Rehabilitasi dan Revitalisasi Kawasan Pengembangan Lahan Gambut di Kalimantan Tengah, dengan menugaskan Gubernur Kalimantan Tengah dalam penanganan Lahan Gambut. Buktinya pada 2007, terhampar 523.502 ha kebun sawit, dengan jumlah produksi sekitar 1.000.000 ton. Dari buah yang melimpah itu, pemerintah setempat menarik keuntungan dan berikut data produksi CPO dari tahun 2008 (Pemprov Kalteng, 2009)

<b>Produksi 2012 (Ton)</b>	5.005.252
<b>Produksi 2011 (Ton)</b>	2.305.515
<b>Produksi 2010 (Ton)</b>	1.630.092
<b>Produksi 2009 (Ton)</b>	1.449.987
<b>Produksi 2008 (Ton)</b>	1.449.294

Tabel 3.3 Produksi CPO Kalimantan Tengah 2008-2012





Gambar 3.1 Peta Persebaran Kelapa Sawit Kalimantan Tengah

### III.5 Kondisi Transportasi Kalimantan Tengah

Dengan luas wilayah yang besar sudah jelas bahwasannya provinsi ini memiliki peluang komoditi yang luas seperti pada bidang pertanian, perkebunan, pertambangan, pariwisata dan lain sebagainya. Komoditi yang besar ini harus ditunjang dengan sebuah sistem transportasi yang terpadu dengan daerah industrinya agar kegiatan ekonomi dan bisnis bisa berjalan dengan baik. Sebagai contoh salah satu kabupaten yang dijadikan sebagai pusat transportasi dari provinsi ini adalah Kabupaten Kotawaringin Timur yang beribukota di Sampit, jika dilihat kabupaten ini hanya memiliki 2 fasilitas pelabuhan yaitu di Pelabuhan Sampit dan Pelabuhan Bagendang, dimana kedua pelabuhan ini berjarak kurang lebih sekitar 30 kilometer dan fungsi dari kedua pelabuhan ini juga berbeda: Pelabuhan Sampit berperan sebagai pelabuhan umum sedangkan Pelabuhan Bagendang memiliki peran sebagai pelabuhan barang atau cargo.

Kedua pelabuhan tersebut secara geografis terletak pada aliran Sungai Mentaya yang berdasarkan informasi jika ada kapal yang akan masuk ke dalam aliran sungai tersebut harus menunggu sekitar 15 jam jika kondisi air sungai sedang surut, berdasarkan informasi yang didapat dari pihak PELINDO III selaku operator bahwasannya kedalaman Sungai Mentaya pada beberapa bagiannya memiliki kedalaman sekitar minus 4.8 meter LWS (Low Water Spring/air pasang terendah). Dengan kedalaman tersebut, maksimal kapal kargo yang bisa masuk adalah sekitar 3000 DWT (Dead Weight Tonnage) dan untuk tongkang sekitar 5000 DWT.



Melihat kondisi tersebut PELINDO III berharap akan diadakannya kegiatan pengerukan ulang agar kondisi kedalaman Sungai Mentaya ketika air pasang terendah setidaknya bisa minus 5 meter, mengingat pula volume arus bongkar muat yang terjadi di kedua pelabuhan pelabuhan tersebut mulai meningkat dan rencana pemerintah menjadikan Pelabuhan Bagendang menjadi pelabuhan multipurpose dan pelabuhan CPO. Berikut fasilitas Pelabuhan Bagendang yang akan dijadikan pelabuhan CPO dan multipurpose :



Gambar 3.2 Terminal Curah Cair Pelabuhan Bagendang

(sumber : <http://www.sigap88.com/dorong-sampit-jadikan-bagendang-pioner.html>)

1.	Lokasi / Posisi Pelabuhan	: 02°-43'-15"LS/112°-55'-57"BT
	Kelurahan / Desa	: Desa Bagendang
	Kecamatan	: Mentaya Hilir Utara
	Kabupaten	: Kotawaringin Timur
	Propinsi	: Kalimantan Tengah
2.	Dimensi Pelabuhan	: - Panjang dermaga 250 m
		: - Lebar dermaga 54 m
3.	Jenis Pelabuhan	: CPO dan Multipurpose
4.	Alamat Pelabuhan	: Desa Bagendang, Mentaya Hilir Utara, Kab.Kotim, Kalteng
5.	Fasilitas Bongkar-Muat	: - 2 unit RTG - 1 unit Container Crane
6.	Kelas Pelabuhan	: Kelas II
7.	Status Pemanduan	: Wajib Pandu





*“Man Jadda Wa Jada, siapa yang bersungguh-sungguh pasti dia akan berhasil.”*

# BAB 4

## METODOLOGI PENELITIAN

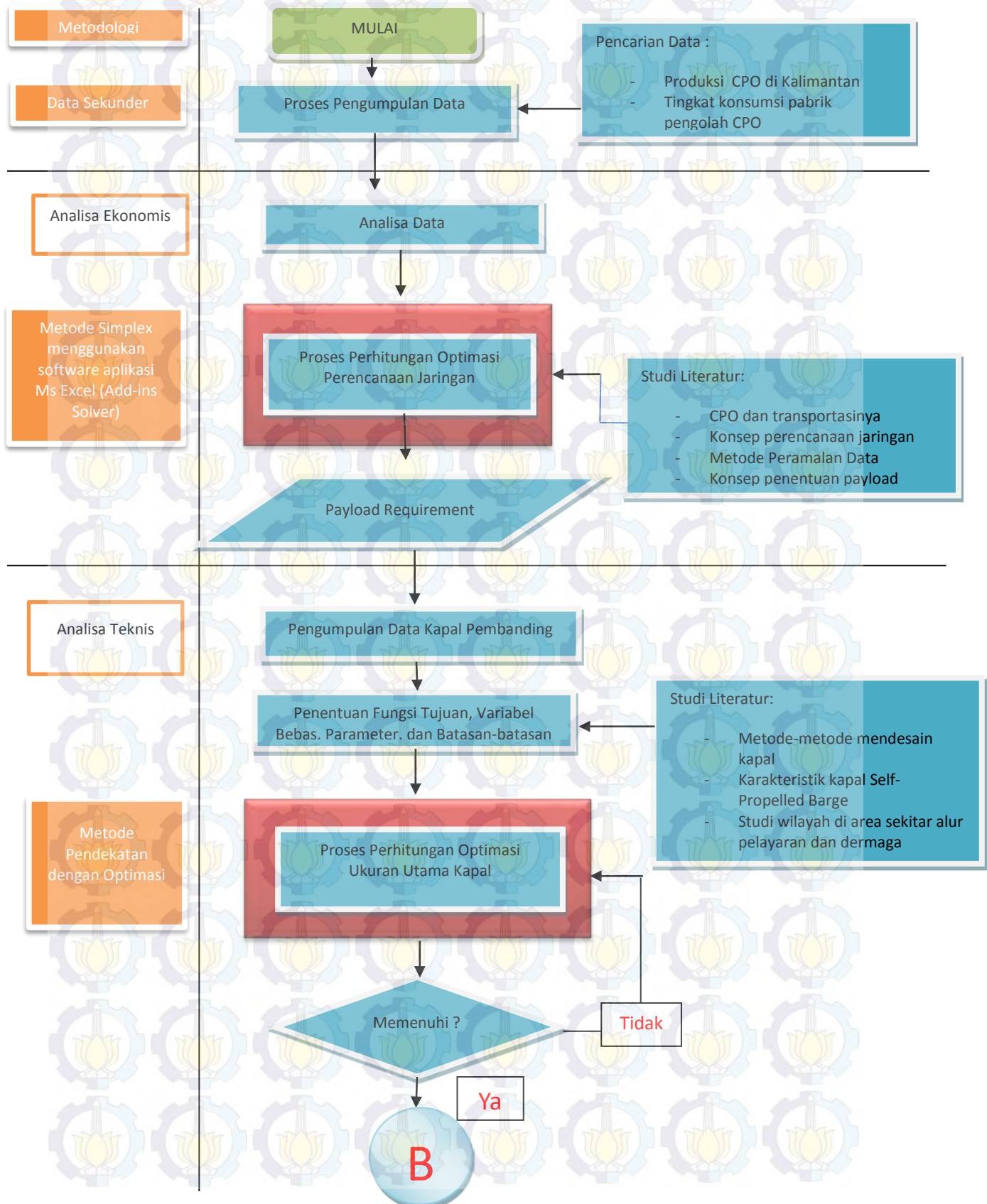
### IV.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan serta langkah-langkah pengerjaan dalam Tugas Akhir ini. Yang akan digambarkan dengan diagram alir penelitian, dengan diberikan penjelasan singkat pada setiap langkah yang ada dalam diagram alir tersebut.

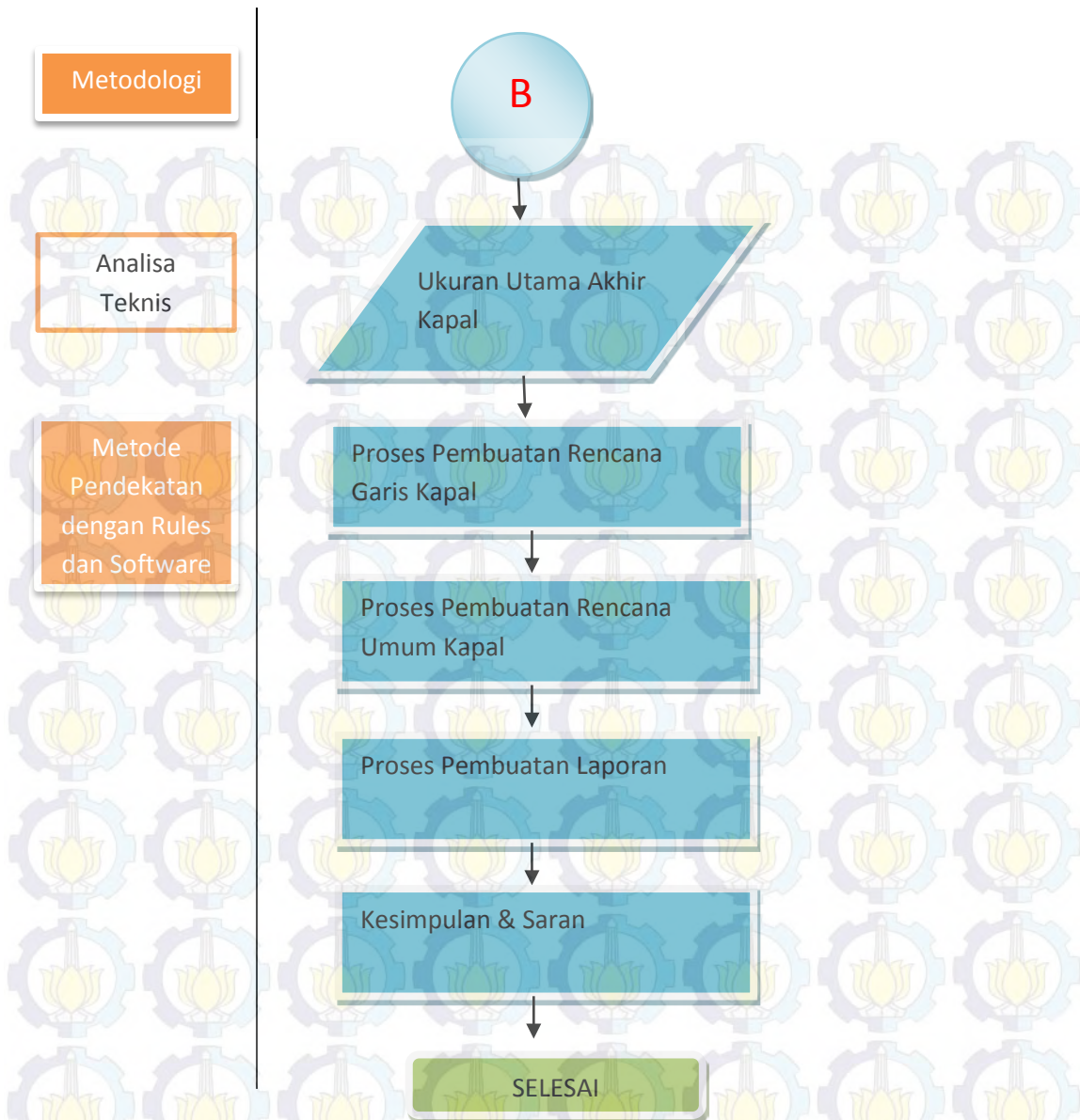


## IV.2 Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam menyusun Tugas Akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) pengerjaan sebagai berikut;







Gambar 4.1 Alur Metodologi Penelitian Pengerjaan Tugas Akhir

### IV.3 Langkah Pengerjaan

#### IV.3.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data sekunder guna menunjang proses desain awal *Self-Propelled Barge*. Data-data inilah yang nantinya akan menjadi patokan pada saat proses perancangan *Self-Propelled Barge* ini. Data-data yang dibutuhkan antara lain:

- Jumlah Produksi *Crude Palm Oil (CPO)*

Data jumlah produksi yang dimaksud adalah volume *Crude Palm Oil* yang tersedia di setiap pelabuhan hub yang dipilih sebagai calon pelabuhan penyuplai *Crude Palm Oil*. Terdapat 4 calon pelabuhan hub yang diproyeksikan akan menjadi pelabuhan penyuplai *Crude Palm Oil*, antara lain adalah : Pelabuhan Bumiharjo, Pelabuhan Sampit, Pelabuhan Bagendang, dan Pelabuhan Banjarmasin. Dimana data-data yang didapat adalah mengacu



dari *database* yang dimiliki oleh PELINDO III selaku operator dari keempat pelabuhan hub tersebut.

- **Jumlah Konsumsi *Crude palm Oil* (CPO)**  
Jumlah konsumsi *Crude Palm Oil*(CPO) yang dimaksud adalah kebutuhan rata-rata pabrik pengolah *Crude palm Oil*(CPO) menjadi produk jadi dan siap konsumsi tiap tahunnya. Ada 2 pabrik pengolah *Crude Palm Oil*(CPO) yang akan dijadikan alternatif tujuan dari pelabuhan hub penghasil *Crude Palm Oil* (CPO). Dan data jumlah produksi pengolahan *Crude palm Oil* (CPO) menjadi produk jadi didapat dari 2 perusahaan minyak goreng yaitu, PT WILMAR Indonesia dan PT Salim Ivomas Pratama.
- **Karakteristik Wilayah Daerah Pelayaran**  
Data mengenai karakteristik di wilayah daerah pelayaran dimana kapal ini akan beroperasi nantinya seperti panjang alur sungai, kedalaman sungai, serta fasilitas dermaga yang tersedia didapatkan dari sumber BMKG provinsi Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Barat serta data fasilitas pelabuhan dari PELINDO III.

#### **IV.3.2 Melakukan Studi Literatur**

Dalam tahap ini akan dilakukan studi literatur mengingat aspek yang dikaji cukup luas mulai dari aspek transportasi sampai aspek teknisnya sendiri dalam mendesain kapal dengan menggunakan kapal berkarakteristik baru seperti *Self-Propelled Barge* ini. Patokan studi literatur inilah yang nantinya akan dijadikan pedoman dalam perencanaan transportasinya dan perancangan kapal itu sendiri. Studi literatur yang dibutuhkan antara lain :

- **Konsep Perencanaan Jaringan**  
Studi literatur ini amat dibutuhkan mengingat pada penelitian ini jumlah volume yang akan diangkut belum diketahui, sehingga dibutuhkan perencanaan jaringan untuk mengetahui rute dari kapal dan jumlah payload yang akan diangkut. Studi literatur mengenai konsep perencanaan jaringan ini mengacu pada teori metode simplex yang umum digunakan untuk mencari nilai optimum dari sebuah perencanaan jaringan yang biasanya terdiri dari lebih dari 2 variabel.
- **Kapal *Self-Propelled Barge***  
Pada studi literatur ini akan dicari informasi mengenai karakteristik khusus dari kapal berjenis *Self-Propelled* ini. Dan untuk mengetahui aspek-aspek khusus yang terdapat pada kapal sejenis jika dilihat dari bentuk badan kapal, perbandingan ukuran utama, batas kecepatan, dan lain-lain. Informasi yang didapat dari studi literatur ini nantinya akan dijadikan pengetahuan dasar dalam mendesain kapal yang akan diteliti. Dan pada studi



literatur ini pula akan didapat beberapa *constraint* dan *parameter* tambahan yang bisa ikut dimasukkan dalam perhitungan desain kapal *Self-Propelled Barge* ini.

#### **IV.3.3 Analisa Data dan Perencanaan Rute Jaringan**

Proses ini dilakukan setelah terkumpulnya data-data yang dibutuhkan yang kemudian dilakukan *forecasting* atau peramalan data yang sudah didapat. Data yang sudah dilakukan peramalan tadi kemudian diambil untuk dijadikan input ketika proses perencanaan jaringan dilakukan. Analisa dan perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan rute transportasi mana yang nantinya paling efektif dan efisien dari sisi biaya dan selanjutnya akan dihitung ke tahap selanjutnya yaitu penentuan payload kapal.

#### **IV.3.4 Perhitungan Payload Kapal**

Setelah ditemukan jumlah payload yang akan diangkut dalam satu tahun selanjutnya adalah menghitung payload kapal yang akan dibangun. Pada proses ini dibutuhkan beberapa data yang akan dijadikan parameter dalam menghitung seperti daftar lama bongkar muat, jumlah kapal yang beroperasi dan lain sebagainya. Setelah itu proses selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan batasan-batasan dalam pencarian data kapal pembanding. Yang diawali dengan melakukan pengumpulan data-data kapal pembanding yang sesuai dengan batas-batas payload yang sudah ditentukan.

#### **IV.3.5 Perhitungan Optimasi Ukuran Utama**

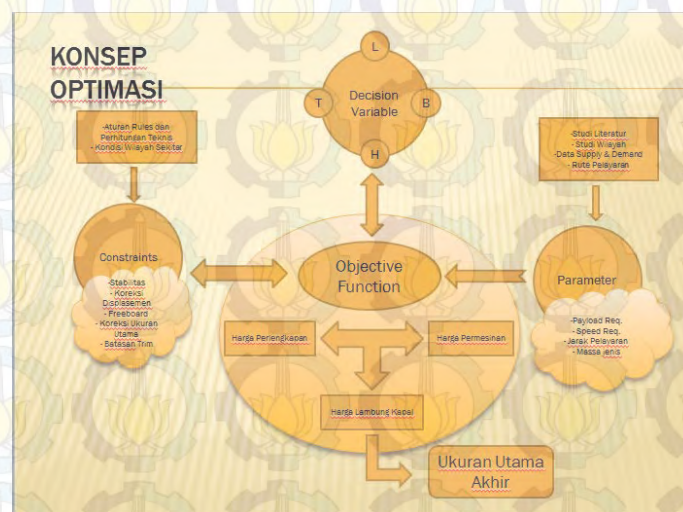
Dalam proses perhitungan ukuran utama, terlebih dahulu menentukan jumlah payload atau lebih mudah menggunakan perhitungan DWT yang dihitung berdasarkan fungsi dari payload yang akan diangkut kapal tersebut. Proses perhitungan ukuran utama *Self-Propelled Barge* menggunakan metode optimasi dimana pengambilan data sebanyak 20 data kapal pembanding dengan batas atas dan bawah data sebesar 20 %.

Metode optimasi adalah metode yang digunakan untuk mencari harga optimum (*maximum* atau *minimum*) dari suatu fungsi matematis. Pada metode ini, fungsi tidak dapat berdiri sendiri tetapi ada batasan-batasannya. Maka sebelum melaksanakan metode tersebut terlebih dahulu menentukan fungsi objektif, desain variabel, konstanta, batasan-batasan, dan parameter.

- Fungsi Objektif : fungsi dari desain variabel yang akan menghasilkan satu harga. Dimana pada proses ini harga pembangunan kapal menjadi fungsi objektif yang disetting dengan harga minimum.



- Desain Variabel : Nilai yang ingin dicari atau dihitung berdasarkan fungsi objektifnya. Nilai yang dicari antara lain panjang, lebar, tinggi, sarat, dan koefisien blok kapal.
- Konstanta : Nilai yang besarnya sudah ditetapkan dan tidak berubah selama proses optimasi (berat jenis air, berat jenis baja, berat jenis muatan, gravitasi, dll).
- Parameter : Nilai yang sudah ditetapkan sebagai acuan (jumlah muatan dan kedalaman perairan)
- Batasan : Nilai-nilai yang sudah ditetapkan akan standar minimumnya berdasarkan aturan atau *rule* yang berlaku (Nilai  $F_n$ , stabilitas, *freeboard*, trim, *displacement*, dan rasio).



Gambar 4.2 Konsep Pengertian Proses Optimasi

Dengan menggunakan metode ini akan didapatkan suatu persamaan dari setiap variabel yang di ukur yaitu variabel panjang (L), lebar (B) , tinggi (H), dan sarat (T) terhadap jumlah batas muatan kapal-kapal pemanding. Selanjutnya untuk memperoleh ukuran utama dengan cara memasukkan nilai-nilai diatas untuk dioptimalkan oleh software.

#### IV.3.6 Pembuatan Desain Rencana Garis dan Rencana Umum *Barge*

Pada proses ini didahului untuk melakukan perhitungan parameter-parameter yang sudah ditentukan pada suatu kapal dengan metode *Parametric Design Approach*. Parameter-parameter yang sudah ditentukan antara lain :

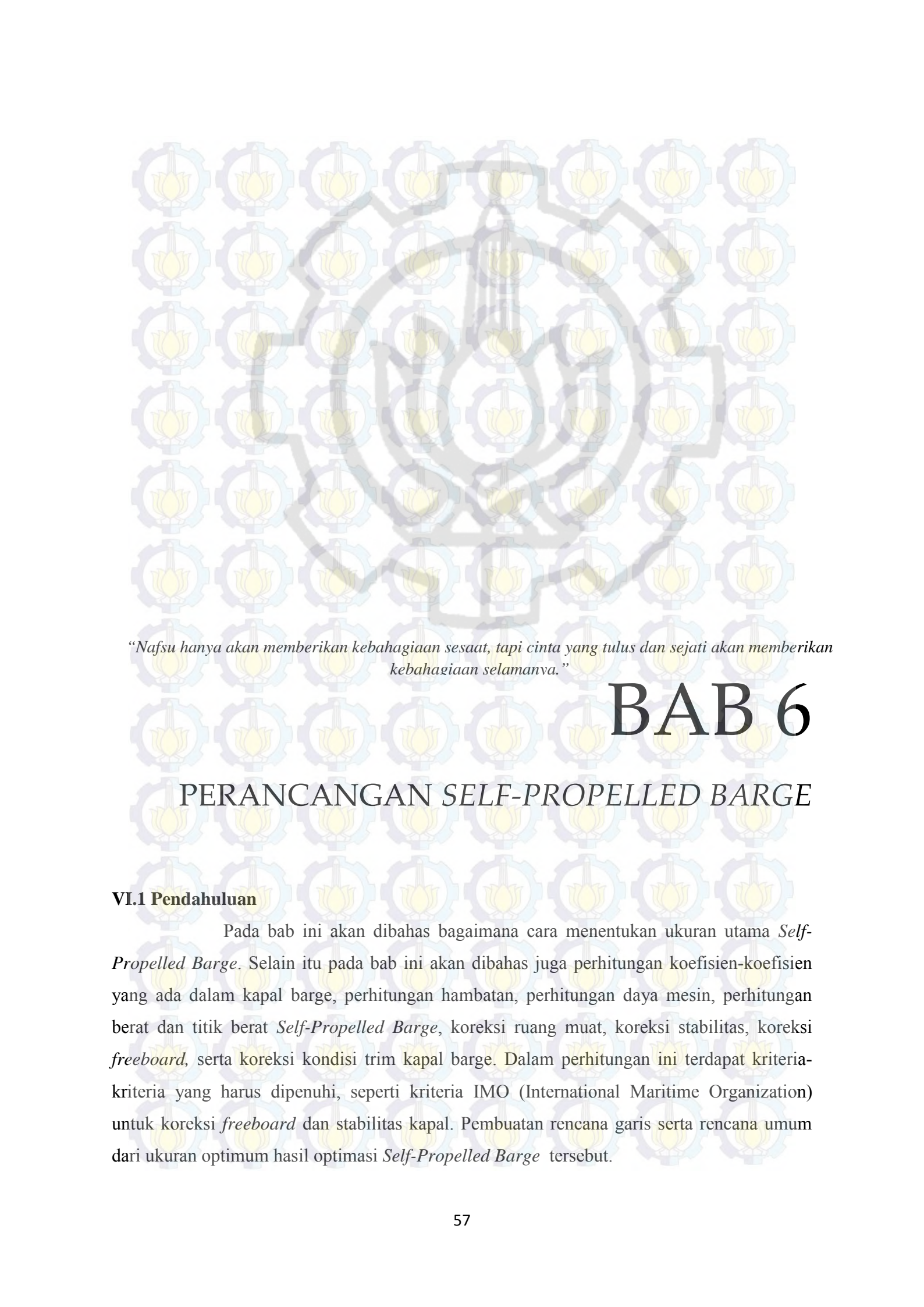
- Rasio
- *Displacement* : Berat total barge ( $DWT + LWT + \text{Margin yang ditentukan}$ ) yang akan direncanakan harus sama dengan nilai displacement hasil perhitungan ( $L \times B \times T \times C_b$ )
- Trim



- *Freeboard* : Acuan lambung timbul yang nantinya akan digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi pada muatan penuh
- Stabilitas : Persyaratan stabilitas yang mengacu pada IMO Regulation dengan menghitung intact sstability. (*IMO Regulation A.749.18, 2007*)

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan rencana garis dengan bantuan *software maxsurf*. Pembuatan desain dilakukan dengan memperhatikan desain-desain *barge* pada umumnya. Kemudian hasil rencana garis dari *maxsurf* diproses kembali dengan *software AutoCad* guna memperbaiki hasil desain dan dilanjutkan dengan proses pembuatan rencana umum.





*“Nafsu hanya akan memberikan kebahagiaan sesaat, tapi cinta yang tulus dan sejati akan memberikan kebahagiaan selamanya.”*

# BAB 6

## PERANCANGAN *SELF-PROPELLED BARGE*

### VI.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas bagaimana cara menentukan ukuran utama *Self-Propelled Barge*. Selain itu pada bab ini akan dibahas juga perhitungan koefisien-koefisien yang ada dalam kapal barge, perhitungan hambatan, perhitungan daya mesin, perhitungan berat dan titik berat *Self-Propelled Barge*, koreksi ruang muat, koreksi stabilitas, koreksi *freeboard*, serta koreksi kondisi trim kapal barge. Dalam perhitungan ini terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi, seperti kriteria IMO (International Maritime Organization) untuk koreksi *freeboard* dan stabilitas kapal. Pembuatan rencana garis serta rencana umum dari ukuran optimum hasil optimasi *Self-Propelled Barge* tersebut.



## VI.2 Penentuan Owner Requirement

Dalam mendesain kapal diperlukan yang namanya parameter desain, yang dijadikan sebagai acuan sesuatu yang harus terpenuhi selama dalam proses desain. Permintaan pemilik kapal atau yang disebut Owner Requirement merupakan salah satu parameter desain yang harus dipenuhi oleh desainer dalam proses mendesain kapal.

Dalam Tugas Akhir ini, Owner Requirement didapatkan dari perhitungan payload pada Bab sebelumnya. Armada yang digunakan merupakan armada khusus pengangkut CPO yang berlayar dengan sistem *liner* yang artinya penjadwalan, dan rutenya tetap dan tidak ada sistem musiman.

Dari hasil perhitungan Bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa Owner Requirement yang harus dicapai adalah sebagai berikut:

Jenis kapal	: <i>Self-Propelled Barge</i>
Kapasitas Muatan CPO	: 5100 Ton
Kecepatan dinas	: 9 knot
Rute pelayaran	: Bagendang-Tanjung Perak

Dimana parameter owner yang dimasukkan ini berasal dari perhitungan muatan Bab sebelumnya yaitu 5100 ton, rute optimum yang didapat dari hasil optimasi yaitu Bagendang-Tanjung Perak, dan batasan kecepatan maksimum *barge* pada tinjauan pustaka sebesar 15 km/jam atau setara dengan 9 knots.

## VI.3 Penentuan Ukuran Utama Pembanding *Self-Propelled Barge*

Perencanaan ukuran utama barge dilakukan dengan proses optimasi yang didasarkan pada data beberapa kapal tanker yang sudah dibuat dan beroperasi. Data tersebut digunakan sebagai batasan (constraints) untuk menentukan nilai minimum dan maksimum dalam penentuan ukuran utama. Pemilihan data kapal tanker didasarkan pada besar *deadweight* yang diangkut dan sedikit ditambahkan mengenai batasan kedalaman Sungai Mentaya.



### Data Kapal Pembanding

Payload	=	5100 ton
DWT	=	5610 ton
Batas Atas	=	6451.5 ton
Batar Bawah	=	4207.5 ton

Nama Kapal	DWT (Ton)	Principal Dimension				Rasio		
		Lwl (m)	Bm (m)	H (m)	T (m)	L/B	B/T	T/H
Atlantis Antibes	5659	99.35	16.8	7.4	6.29	5.91	2.67	0.85
Azuma Maru No.18	5667	98	16	8	6.61	6.13	2.42	0.83
Cappadocian	5667	100	16	8	5.98	6.25	2.68	0.75
ASC	5707	99.35	16.8	7.4	6.29	5.91	2.67	0.85
Ayse S	5850	98.41	16.8	8.6	6.29	5.86	2.67	0.73
Amalthia	6325	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	0.68
Althea	6333	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	0.68
Alfa Sea	6341	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	0.68
Alexandria	6379	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	0.68
Anamaria	6487	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	0.68
Alnilam	6500	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	0.72
Altair	6500	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	0.72
Aqua Terra 7	6500	94.5	18	9.4	6.82	5.25	2.64	0.73
Aqua 6	6510	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	0.72
Ateela 2	6835	94.78	18	10	7	5.27	2.57	0.70
Avatar	6876	94	18	10	7	5.22	2.57	0.70
Bahia Tres	6920	94	18	10	7	5.22	2.57	0.70
Budi Mesra	6921	95.55	18	10	7	5.31	2.57	0.70
Anlong	6941	95.1	18	9.5	6.8	5.28	2.65	0.72
Anhong	6964	95.1	18	9.5	6.8	5.28	2.65	0.72
Min		94.00	16.00	7.40	5.98	5.22	2.42	0.68
Max		100.00	18.00	10.00	7.00	6.25	2.77	0.85

Tabel 6.1 Data Kapal Pembanding

Dari data kapal pembanding di atas selanjutnya digunakan sebagai batasan untuk menentukan nilai minimum dan maksimum dalam menentukan nilai *decision variable* yang dicari dan sebagai batasan dalam hal ini adalah ukuran utama kapal meliputi panjang LWL, lebar, tinggi, dan sarat kapal.



## VI.4 Pembuatan Model Optimasi Ukuran Utama

### VI.4.1 Penentuan Variabel

Dalam proses iterasi, ada yang namanya *decision variable* yang nilainya akan berganti-ganti setiap saat ketika proses iterasi dilakukan oleh *software* dan yang berfungsi sebagai variabel penentu pada perhitungan ini adalah panjang LWL, lebar moulded, tinggi moulded, dan sarat pada *Summer Load Line Waterline* dari kapal pembanding yang sudah dicari pada tahap sebelumnya.

### VI.4.2 Penentuan Parameter

Parameter adalah harga yang nilainya tidak berubah selama proses iterasi karena adanya syarat – syarat yang harus dipenuhi. Pada proses optimisasi ini ini, yang berfungsi sebagai parameter adalah :

- Permintaan owner berupa kapasitas angkut sebesar 5100 ton.
- Kedalaman rata-rata perairan Sungai Mentaya sebesar 5 meter.
- Kecepatan barge maksimal adalah 9 knot atau 15 km/jam.
- Massa jeni air laut sebesar  $1.025 \text{ ton} / \text{m}^3$ .

### VI.4.3 Penentuan Batasan

Batasan (Constraints) adalah harga batas yang ditentukan sebelumnya agar nilai variabel tidak menyimpang dari apa yang diharapkan. Batasan – batasan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah :

- Froude Number  
Batasan  $F_n$  untuk barge antara 0.15 hingga 0.3 untuk kapal dagang biasa
- Batasan stabilitas

Stabilitas kapal dapat diartikan sebagai kemampuan dari sebuah kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar dengan beratnya sendiri. Kemampuan itu dipengaruhi lengan dinamis (  $GZ$  ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen-komponen stabilitas terdiri dari  $GZ$ ,  $KG$  dan  $GM$ , ketiga komponen tersebut sangat berperan penting dalam stabilitas. Dalam perhitungan stabilitas yang paling penting adalah mencari lengan dinamis (  $GZ$  ).



Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO Regulation untuk menghitung intact stability, (IS Code, 2008) yaitu:

1.  $e_{0.30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  meter rad.

2.  $e_{0.40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ \geq 0.09$  meter rad.

3.  $e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$  meter

4.  $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

5.  $h_{\max}$  pada  $\phi_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari  $25^\circ$

6.  $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi Metasentra awal  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter

- Lambung timbul minimum

Acuan yang digunakan adalah sesuai dengan yang tercantum dalam PGMI. Beberapa koreksi harus dipenuhi untuk menentukan tinggi freeboard minimum, yaitu, koreksi bangunan atas, koreksi koefisien blok, koreksi tinggi, dan koreksi lengkung memanjang kapal. Dalam kategori PGMI, barge memiliki karakteristik yang sama dengan kapal tanker dan masuk ke dalam kategori A. yaitu kapal dengan muatan curah cair. Tinggi lambung timbul aktual tidak boleh kurang dari lambung timbul hasil perhitungan.

- Koreksi Displacement

Berat total barge ( DWT+LWT ) yang akan dirancang harus masih berada dalam rentang displacemen hasil perhitungan (LxBxTxCb) sebesar 2% s/d 5%.



- Batasan rasio ukuran utama

Rasio ukuran utama kapal yaitu meliputi L/B, B/T, L/T. Untuk batasan rasio ukuran utama ini yang digunakan acuan adalah dari buku *Principal Naval Architecture Volume I* halaman 19 yang menyebutkan bahwa rasio-rasio ukuran utama yang terdapat pada kapal adalah sebagai berikut :

$$L/B_{min} = 3.5, L/B_{max} = 10$$

$$B/T_{min} = 1.8, B/T_{max} = 5$$

$$L/T_{min} = 10, L/T_{max} = 30$$

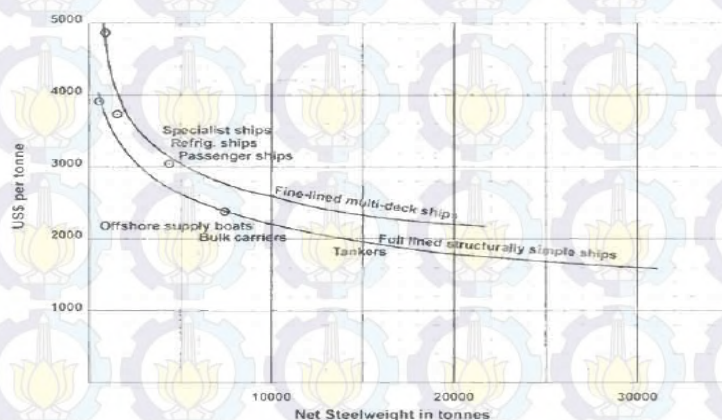
- Koreksi Volume Ruang Muat

Koreksi ruang muat selanjutnya perlu dilakukan perhitungan, pengecekan, dan koreksi karena berkaitan dengan salah satu parameter yang harus terpenuhi. Mengingat sifat muai dari minyak jenis CPO (*Crude Palm Oil*) yang unik ketika dibongkar atau dimuat maka rentang koreksi yang diberikan untuk ruang muat ini cukup besar yaitu berkisar antara 0% sampai 5%.

#### VI.4.4 Penentuan fungsi objektif

Fungsi objektif yang dipakai di sini adalah estimasi awal pembiayaan kapal yang akan dikeluarkan untuk pembangunan kapal tersebut, yang meliputi harga baja kapal, harga permesinan, dan harga *outfitting* di kapal yang dibutuhkan sesuai standard klas. Menggunakan metode yang diberikan pada buku *Practical Ship Design* karangan D.G.M Watson dimana disebutkan bahwa estimasi harga atau biaya pembangunan kapal merupakan fungsi dari masing-masing berat item-item tersebut. Bisa dikatakan fungsi karena hubungan antara berat item-item di kapal dan harga membentuk sebuah grafik sebagai berikut :

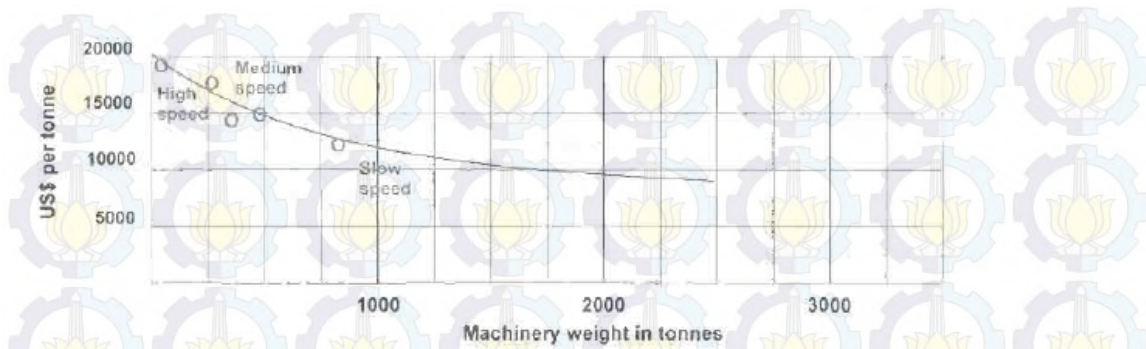
a. Grafik hubungan berat baja dan harga material



Gambar 6.1 Grafik Berat Material Baja dengan Harga Material

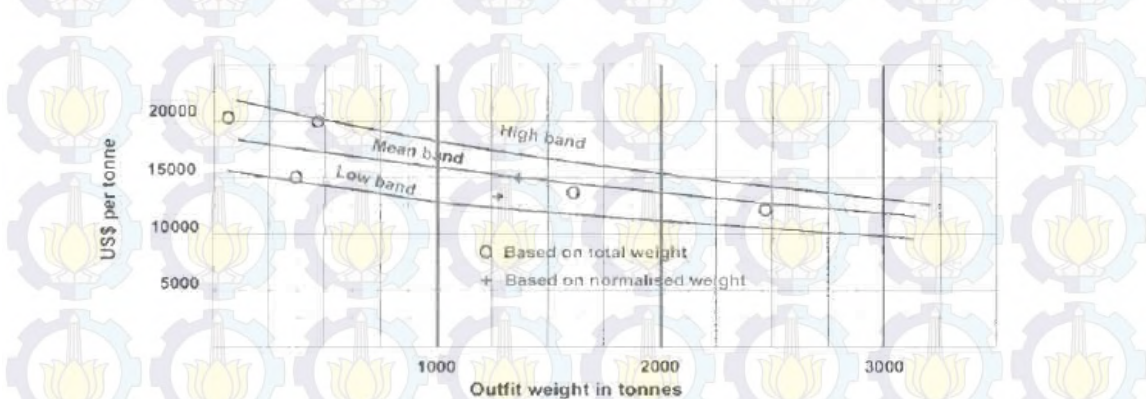


- b. Grafik hubungan berat permesinan dengan harga material



Gambar 6.2 Grafik Berat Permesinan dengan Harga Material

- c. Grafik hubungan berat perlengkapan dengan harga material



Gambar 6.3 Grafik Berat Perlengkapan dengan Harga Material



## VI. 5 Running Model Iterasi Solver Barge

Setelah semua batasan selesai dibuat, selanjutnya adalah melakukan *running* program solver untuk memperoleh ukuran utama yang optimum. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membuat model solver dimana di dalamnya terdapat value yang akan dicari, batasan yang telah ditentukan sebelumnya, dan fungsi objektif sebagai acuan untuk proses iterasi. Model yang dibuat pada penelitian ini tampak seperti gambar di bawah :

PROSES OPTIMASI PERENCANAAN SELF-PROPELLED BARGE							
Decision Variabel							
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Ukuran Utama	Panjang	m	Lwl	34.00	34.00	100.00	ACCEPTED
	Lebar	m	B	16.00	17.02	18.00	ACCEPTED
	Tinggi	m	H	7.40	7.57	10.00	ACCEPTED
	Sarat	m	T	5.00	5.00	7.00	ACCEPTED
Constraints							
Syarat Tekni	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Numbel	$Fn = V/(g \cdot Lpp)^{0.5}$				0.15	0.24	ACCEPTED
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0°	m	MG <sub>0</sub>	0.15	2.72		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oleng	m	Ls <sub>30</sub>	0.2	26.90		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada Ls maks	deg	Ls <sub>max</sub>	25	46.04		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 30°	m.rad	Ld <sub>30</sub>	0.055	1.029		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 40°	m.rad	Ld <sub>40</sub>	0.09	1.786		ACCEPTED
Freeboard	Luas Kurva GZ antara 30° – 40°	m.rad		0.03	0.76		ACCEPTED
Displacement	Fs	m	F	1.08	2.57		ACCEPTED
	Koreksi displacement	%		2.00%	2.81%	5.00%	ACCEPTED
Rasio			L/B	3.50	5.52	10.00	ACCEPTED
			B/T	1.80	3.40	5.00	ACCEPTED
			L/T	10.00	18.80	30.00	ACCEPTED
Hold Capacit	Koreksi volume ruang muat	%		0%	1.68%	5%	ACCEPTED
Objective Function							
	Item	Unit	Symbol	Value			
	Hull Cost	Rp		36,585,258,477			
	E & O Cost	Rp		46,295,042,533			
	Machinery Cost	Rp		11,574,460,525			
	Total Cost	Rp		94,454,761,535			

Gambar 6.4 Hasil Optimasi Ukuran Utama kapal

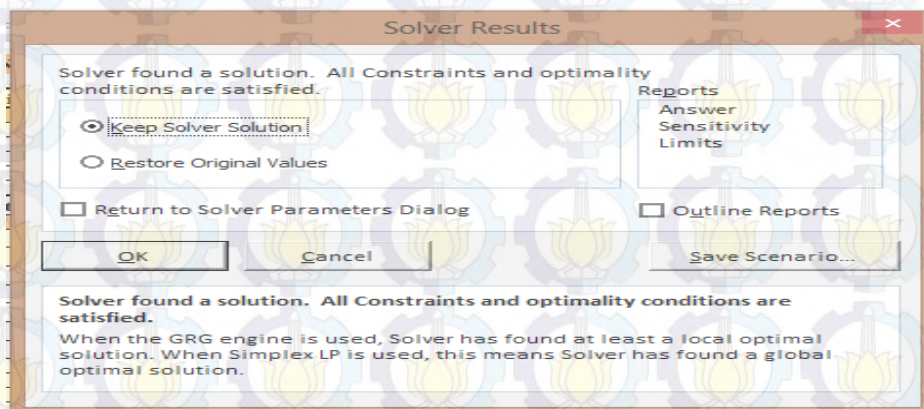


2. Setelah model selesai dibuat selanjutnya adalah melakukan running model. Fasilitas solver dapat diakses melalui toolbar data - solver. Selanjutnya akan muncul tampilan Solver Parameters. Pada menu set target cell, set pada cell Total Cost. Dimana pencarian dipilih minimum karena akan dicari total cost yang paling rendah. Untuk menu by changing cell dipilih variabel yang akan dicari yaitu L, B, T, H. Kemudian pada menu subject to the constraints dimasukkan semua nilai minimum dan maksimum yang berfungsi sebagai batasan dari proses iterasi. Tampilan solver ketika dilakukan proses running akan tampak seperti gambar di bawah ini :



Gambar 6. 5 Proses *Running* Optimasi Ukuran Utama Kapal

Setelah semua telah terisi, langkah selanjutnya adalah melakukan proses running solver dengan . Apabila iterasi yang dilakukan memenuhi semua batasan yang diberikan maka akan muncul pemberitahuan bahwa solver telah menemukan solusi untuk model yang dibuat.



Gambar 6. 6 Tampilan Solver Saat Semua Batasan Terpenuhi



Variabel yang didapatkan dari proses running solver yang telah dilakukan adalah:

$$L_{pp} = 94.00 \text{ meter}$$

$$B = 17.02 \text{ meter}$$

$$H = 7.57 \text{ meter}$$

$$T = 5 \text{ meter}$$

## VI.6 Pengecekan Perhitungan

Karena proses perhitungan optimasi ini merupakan proses iterasi yang dapat mempengaruhi perhitungan teknis dalam mendesain kapal sehingga perlu adanya melakukan pengecekan ulang untuk memastikan semua batasan dan parameter terpenuhi. Mengingat proses optimasi ini menghasilkan ukuran utama yang dijadikan acuan dalam perhitungan hambatan, berat dan titik berat yang akhirnya menuju ke koreksi displacement dan pengecekan stabilitas, serta koreksi ruang muat akibat perubahan panjang kamar mesin yang dipengaruhi panjang mesin maka perlu dilakukan pengecekan ulang pada item-item tersebut. Dan untuk koreksi trim dan lambung timbul dilakukan setelah proses perencanaan penempatan tanki selesai dilakukan, yaitu setelah perencanaan rencana umum.

### VI.6.1 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan menggunakan metode Holtrop, referensi Lewis, Edward V., Principles of Naval Architecture, Volume II Resistance, Propulsion, and Vibration, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, NJ.

Nilai ini didapat dengan cara menghitung komponen hambatan wave making resistance ( $R_{w/w}$ ) dan menghitung komponen hambatan akibat viscous resistance yang dirasa kedua komponen hambatan tersebut adalah yang paling besar dan berpengaruh terhadap perhitungan.

Berikut merupakan rumus Holtrop yang digunakan untuk menghitung hambatan gelombang

Perhitungan Tahanan Gelombang ( $R_w / W$ )

$$F_n = 0.15$$

Untuk  $F_n \leq 0.4$  maka ;

1. Perhitungan Koefisien  $C_1$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - iE)^{(-1.3757)} \quad (\text{ref : PNA vol.II, hal.92})$$



dimana ;

$$B/L = 0.181$$

Untuk  $0.11 \leq B/L \leq 0.25$ , maka  $C_4 = B/L$

$$C_4 = 0.181$$

$$iE = 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + 6.8 (T_a - T_f)/T)^3 \\ = 47.595 \text{ deg}$$

$$C_1 = 5.298$$

(ref : PNA vol.II, hal.93)

## 2. Perhitungan Koefisien $C_2$

$C_2$  = koefisien pengaruh *bulbous bow*

$C_2 = 1$  (tanpa bulbous bow)

## 3. Perhitungan Koefisien $C_3$

$C_3$  = koefisien pengaruh bentuk transom stern terhadap hambatan

$$C_3 = 1 - 0.8 \times A_T / B \times T \times C_m \quad (\text{ref : PNA vol.II, hal.93})$$

dimana ;

$$A_T = 0 \text{ m}^2$$

$A_T$ : Luas transom tercelup ketika kapal diam

$$C_3 = 1$$

## 4. Parameter $d$

$$d = -0.9 \quad (\text{tetapan untuk } F_n \leq 0.4)$$

## 5. Perhitungan Koefisien $C_5$

$C_5$  = koefisien dengan fungsi koefisien prismatik

$$C_p = 0.831$$

Untuk ( $C_p \geq 0.8$ ), maka  $C_5$  dihitung sebagai berikut :

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 C_p$$

$$C_5 = 1.136$$

## 6. Perhitungan Koefisien $C_6$

$C_6$  = koefisien pengaruh terhadap harga  $L^3/V$  ; dimana:

$$L^3/V = 123.758$$

Untuk ( $L^3/V \leq 512$ ), maka  $C_6$  adalah

$$C_6 = -1.694$$

(ref : PNA vol.II, hal.92)



### 7. Perhitungan Koefisien $m_1$

$$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 V^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5 \\ = -2.090$$

### 8. Perhitungan Koefisien $m_2$

$$m_2 = C_6 \times 0.4 \times e^{-0.034 \times Fn^{(-3.29)}} \\ = -1.694 \times 0.4 \times e^{-0.034 \times 0.15^{(-3.29)}} \\ = -4.38E-08$$

### 9. Perhitungan Koefisien $\lambda$

$\lambda$  = koefisien pengaruh terhadap harga L/B  
dimana ;

$$L/B = 5.522$$

Untuk ( $L/B < 12$ ), maka  $\lambda$  adalah :

$$\lambda = 1.446C_p - 0.03 L/B \\ = (1.446 \times 0.841) - (0.03 \times 5.52) \\ = 1.051$$

### 10. Perhitungan W

$$W = \rho g V \times 10^{-3} \text{ kN (ref : PNA vol.II, hal.64 - 65)} \\ = 1025 \times 9.81 \times 6711.34 \times (10^{-3}) \\ = 67.484 \text{ kN}$$

Sehingga, harga  $R_w / W$  adalah :

$$R_w / W = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 \times Fn^d + m_2 \cos (lFn^2)} \\ = 0.00000589$$

$$R_w = 0.397 \text{ kN}$$

Maka didapat nilai  $R_w = 0,397 \text{ kN}$ , hambatan dari gelombang ini nilainya sangat kecil yaitu kurang dari 1% atau lebih tepatnya sebesar 0.56%. Hal ini bisa terjadi karena komponen yang menyebabkan hambatan gelombang adalah bentuk dan kecepatan kapal, dan pada tugas akhir ini desain *Self-Propelled Barge* dianggap sebagai kapal berkecepatan rendah dan lambung *full displacement*.



Kemudian selanjutnya adalah menghitung komponen hambatan yang dirasa paling besar yaitu viscous resistance, dimana metode perhitungannya adalah:

- Perhitungan  $(1 + k)$

#### Perhitungan Koefisien $1+k_1$

$$1+k_1 = 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)}$$

dimana ;

$c$  = koefisien bentuk afterbody

$$c = 1 + 0.011c_{\text{stern}} \gg C_{\text{stern}} = 0$$

$$= 1$$

for normal section shape

$$c_{\text{stern}} = -25$$

for pram with gondola

$$c_{\text{stern}} = -10$$

for V-shaped sections

$$c_{\text{stern}} = 0$$

for normal section shape

$$c_{\text{stern}} = 10$$

for U-shaped sections with Hogner stern

#### Perhitungan $L_R/L$

$$L_R/L = 1 - C_p + 0.06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= 0.219$$

Sehingga, harga  $1+k_1$  adalah :

$$1+k_1 = 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)}$$

$$= 1.360$$

#### Perhitungan Koefisien $1+k_2$

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$1+k_2 = 2.8 \quad (\text{rudder for twin screw ship}) \quad (\text{ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92})$$

#### Perhitungan Luas Permukaan Basah (WSA) badan kapal

$$WSA = L(2T+B)C_M^{0.5} (0.453 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467 B/T + 0.3696C_{WP}) + 2.38A_{BT}/C_B$$

$$WSA = 2179.503 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{app}} = S_{\text{rudder}} + S_{\text{Bilge Keel}}$$

$$S_{\text{app}} = 20.556 \text{ m}^2$$



Maka, total luas permukaan basah kapal :

$$S_{\text{total}} = WSA + S_{\text{app}} \\ = 2200.060 \text{ m}^2$$

#### Perhitungan Koefisien 1+k

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}}/S_{\text{tot}} \\ = 1.374$$

#### Perhitungan Koefisien Gesek, $C_F$

Untuk perhitungan harga koefisien gesek ini, dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus berdasarkan ITTC 1957, yaitu :

$$C_F = 0.075 / (\log R_n - 2)^2 \text{ (ref : PNA vol.II, hal.90)}$$

dimana ;

$$R_n = \frac{v \cdot L \cdot w \cdot l}{\nu} \text{ (ref : PNA vol.II, hal.59)}$$

$$\nu = 1.18831 \times 10^{-6} \\ = 224155146.41$$

$$C_F = 0.075 / [\log (224155146.41) - 2]^2 \\ = 0.001741$$

#### Perhitungan model-ship correlation allowance, $C_A$

$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \text{ (ref : PNA vol.II, hal.93)}$$

$$C_A = 0.006 (94.00 + 100)^{-0.16} - 0.00205 \\ = 0.0005$$

#### Perhitungan Hambatan Total, $R_T$

##### 1. Hambatan *Barge*

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{\text{tot}} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W \\ = 0.5 \times 1.025 \times (4.115)^2 \times 1513.307 \times [(0.00186 \times 1.37) + 0.0006] + (0.000048 \times 46040) \\ = 70.676 \text{ kN} + 15\% \text{ margin} = 81.278 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai hambatan totalnya adalah 81,278 kN dengan tambahan 15% sea margin.



## VI.6.2 Perhitungan Berat dan Titik Berat

Perhitungan berat kapal dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT (Watson D. , 1998). Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

### 1. Menghitung LWT Kapal

- Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si}(\text{Ton}) = K \times E^{1,36}$$

Dimana:

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 \cdot h_2)\}$$

$$E = 2370,900$$

$$K = 0,003$$

$$W_{si} = 1244,607 \text{ ton}$$

Selanjutnya dilakukan koreksi karena pengurangan material untuk *scrap* yaitu :

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si}) \quad ; \quad \% \text{Scrap} = 7,62\% \text{ (grafik watson)}$$

$$W_{si}' = 1149,607 \text{ Ton}$$

Koreksi berikutnya ialah koreksi koefisien blok kapal. Maka nilai koreksinya sebesar :

$$W_{st} = W_{si}' (1 + 0,05 (C_b' - C_b)) \quad ; \quad C_b' = 0,7$$

$$W_{st} = 1141,810 \text{ ton}$$

- Perhitungan berat permesinan kapal dilakukan dengan mengadopsi rumusan yang diberikan oleh (Watson D. , 1998). Hasil perhitungannya sebagai berikut :

- Berat Mesin Utama

$$\text{Berat mesin} = 3,939 \text{ Ton}$$

$$\text{Jumlah mesin} = 2 \text{ Unit}$$

$$\text{Total } W_{me} = 7,878 \text{ Ton}$$

- Berat Mesin Bantu

$$\text{Wae tiap mesin} = 2,88 \text{ Ton}$$

$$\text{Jumlah mesin} = 2 \text{ Unit}$$

$$\text{Total Wae} = 5,76 \text{ Ton}$$

- Perhitungan berat perlengkapan (*EO*) dilakukan dengan mengadopsi metode dalam buku *ship design for efficiency and economy* (H Schneeklutch, 1998). Perhitungan berat *EO* terbagi menjadi dua bagian yaitu untuk rumah geladak (*group III : Living Quarters*) dan selain rumah geladak (*group IV : Miscellaneous*).



- *Weo Living Quarters*

$$\text{Weo Living Quarters} = \text{Luas Houses} \cdot \text{Calv}$$

Dimana,

$$\text{Calv} = 195 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Luas houses} = 525,27 \text{ m}^2$$

$$\text{Weo Living Quarters} = 102,43 \text{ ton}$$

- *Weo Miscellaneous*

$$\text{Weo Miscellaneous} = (L \cdot B \cdot H)^{2/3} \times \text{Ceo}$$

$$\text{Dimana, Ceo} = 0,25 \text{ Ton/ m}^2$$

$$\text{Weo selain houses} = 129,368 \text{ Ton}$$

- *Weo total*

$$\text{Weo Total} = \text{Weo Living Quarters} + \text{Weo selain houses}$$

$$\text{Weo total} = 293,368 \text{ Ton}$$

## 2. Perhitungan Titik Berat LWT

- Titik berat baja kapal ditentukan dengan metode pendekatan berdasarkan Harvald and Jensen Method yang dikembangkan pada tahun 1992.

$$\text{KG (m)} = C_{\text{KG}} - D_a$$

$$C_{\text{KG}} = \text{asumsi diambil } 0.53$$

koefisien titik berat KG untuk tankers Antara 0.52 – 0.54

$$D_a = 8,620 \text{ m}$$

jadi KG = 5,063 m dan LCG baja kapal = 47,21 dari AP

- Titik berat baja permesinan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (H Schneekluth, 1998)

$$\text{KG}_m (\text{m}) = H_{\text{DB}} + 0,35(D - H_{\text{DB}})$$

$$H_{\text{DB}} = 1,20 \text{ m}$$

$$D = 7,57 \text{ m}$$

$$\text{Jadi KG} = 3,429 \text{ m}$$

$$\text{LCG permesinan} = - 81,856 \text{ dari FP}$$

- Titik berat baja peralatan dan perlengkapan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (H Schneekluth, 1998):

$$\text{KG}_{\text{eo}} (\text{m}) = (1,02 \sim 1,08) \times D_A$$

$$\text{Diambil, } 1,02$$

$$\text{Jadi KG} = 9,051 \text{ m}$$



LCG peralatan kaman dan perlengkapan = -69,24 m dari FP

3. Perhitungan Berat DWT

Seperti dijelaskan pada subbab sebelumnya, komponen DWT terdiri dari berat *payload*, *consumable* dan *complement*. Besarnya dipengaruhi oleh jenis mesin yang digunakan, besar mesin, dan jumlah *crew* yang ada diatas kapal. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

• *Payload* = 5100 Ton

• *Consumble* (Bahan bakar)

Perhitungan *consumble* dibagi menjadi tiga bagian yaitu perhitungan bahan bakar mesin utama (MDO), mesin bantu (MFO), dan minyak lumas (*Lub. Oil*)

a. Kebutuhan MFO =  $MCR \times SFR \times Seetime \times 1,4$

Dimana,

*SFR* = 0,00019 ton/jam (untuk diesel engine)

*Sea time* = 81,13 jam

Kebutuhan MDO/trip = 23.825 Ton

b. Kebutuhan MDO =  $C_{DO} \times Volume\ MDO$

Dimana,

$C_{DO}$  = 0.2 ton/m<sup>3</sup>

$V_{DO}$  = 5.72 m<sup>3</sup>

Kebutuhan MFO/trip = 4.77 ton

c. Kebutuhan *Lub Oil*

Dari Parametric Design memberikan ketentuan bahwa kebutuhan lubricating oil adalah 20 ton untuk jenis mesin medium speed diesel dan 10 ton untuk low speed diesel. Kebutuhan totalnya adalah sebagai berikut :

Kebutuhan  $Lub_{me}$  = 20 ton for medium speed diesel engine

d. Kebutuhan air tawar =  $W_{fw} \times jumlah\ crew \times RTD$

Dalam Parametric Design (Parsons, 2001) diberikan asumsi penggunaan air bersih ( $W_{fw}$ ) sebesar 0,17 ton/orang/hari untuk kapal-kapal pelayaran jauh. Jumlah crew kapal ditentukan sebanyak 21 orang dan lama perjalanan dalam satu kali trip kapal adalah 9 hari sehingga total kebutuhan air tawar menjadi :

Kebutuhan air tawar = 32,13 ton/trip

e. Complement (Provision and Store)

Perhitungan *provision and store* dibagi menjadi 2 bagian yaitu perhitungan berat perbekalan dan perhitungan berat bawaan *crew*.



Perbekalan = Koefisien perbekalan x jumlah crew x lama waktu berlayar

Koefisien perbekalan dari Parametric Design (Parsons, 2001) ialah 10 kg/orang/hari. Maka hasil perhitungannya adalah = 1,89 ton/trip

Crew dan bawaan = Koefisien crew dan bawaan x Jumlah crew

Koefisien crew dan bawaan ( $C_{c\&e}$ ) adalah 0,17 ton/orang (Parsons, 2001). Dengan jumlah crew 21 orang, maka berat total crew dan bawaannya menjadi 3,57 ton.

f. Perhitungan DWT Total

Nilai DWT total dapat dihitung dengan menjumlahkan komponen penyusunnya dari poin *payload* (a), *consumable* (b), dan *complement* (c). Berdasarkan penjumlahan tersebut, nilai DWT adalah 5186,18 Ton.

#### 4. Perhitungan Titik berat DWT

Penentuan titik berat *consumable* ini sebenarnya adalah hasil perencanaan dari rencana umum kapal sehingga prosesnya sangat berkaitan kemudian setelah dianggap desain rencana umum hampir selesai didapat hasil titik berat dari *consumable* sebagai berikut :

- Titik berat Air Tawar

KG = 6,298 m

LCG = 8,269 m dari AP

- Titik berat Bahan Bakar

KG = 1 m

LCG = 17.2 m dari AP

- Titik berat minyak lumas

KG = 6.298 m

LCG = 3.117 m dari AP

- Titik berat diesel oil

KG = 6.298 m

LCG = 6.033 m dari AP

- Titik berat payload

KG = 4,384 m

LCG = 51.298 dari AP

- Total Titik Berat keseluruhan

KG = 4.70 m

LCG = -43.72 dari FP



## 5. Pengecekan Berat Kapal dengan Displacement

Pengecekan berat kapal dengan displacement kapal ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah kapal yang sudah didesain dengan sarat tertentu ini sudah dikatakan memiliki daya apung yang cukup untuk mengakomodir dan melawan gaya berat kapal beserta muatannya. Persyaratan dari koreksi ini adalah displacement kapal harus lebih besar dibandingkan dengan berat kapal beserta isinya, besar koreksi yang diberikan antara 2% sampai 5%.

Berat total LWT + DWT = 6714,36 ton

Displacement Kapal = 6879,13 ton

Setelah dilakukan koreksi perhitungan akhirnya didapat koreksi antara berat kapal dengan displacement kapal sebesar 2,40%.

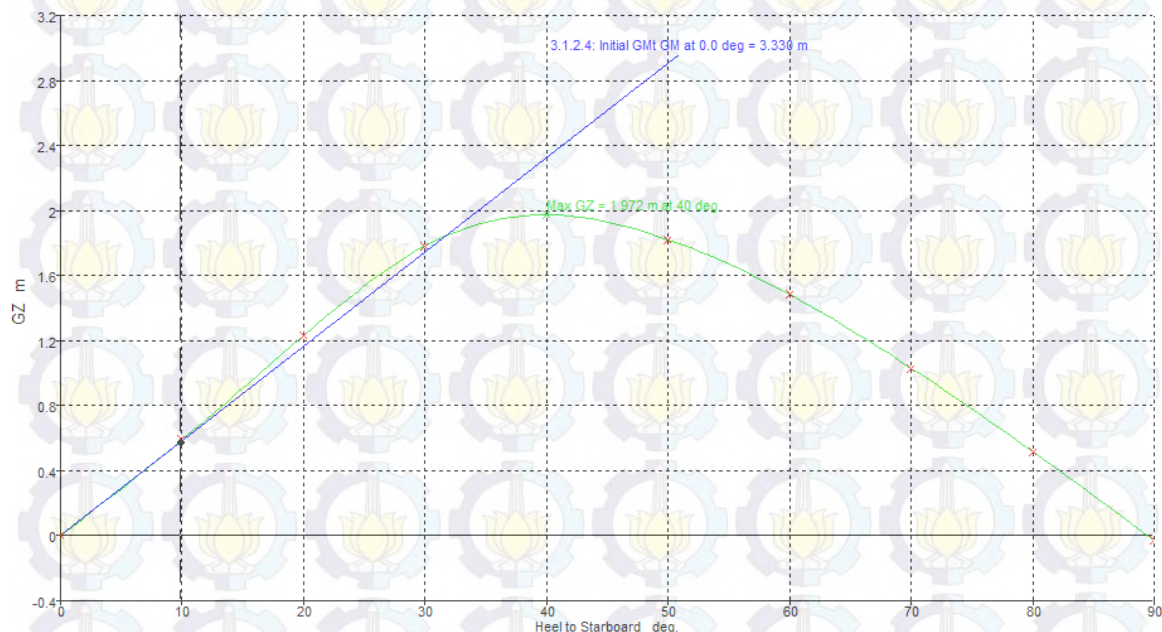
### VI.6.3 Pemeriksaan Stabilitas

Detail perhitungan stabilitas dapat dilihat di lampiran. Batasan yang digunakan untuk stabilitas menggunakan standar (IS code, 2008). Berikut adalah pemeriksaan hasil hitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya :

- Lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.055 m radian sampai dengan 30° sudut oleng, hasil optimisasinya adalah 1,029 m (memenuhi).
- Lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.09 m radian sampai dengan 40° sudut oleng, hasil optimisasinya adalah 1,787 m (memenuhi).
- Luasan bidang yang terletak dibawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m radian, hasil optimisasinya adalah 0.76 m (memenuhi).
- Lengan statis (GZ) pada sudut oleng > 30° tidak boleh kurang dari 0.20 m, hasil optimisasi GZ = 26,90 m (memenuhi).
- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng sebaiknya lebih dari 25° , hasil optimisasi GZ maks terjadi pada sudut 46,04° (memenuhi).
- Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng 0° : tidak boleh kurang dari 0.15 m, hasil optimisasi MG = 2,72 m (memenuhi).



Dari hasil pemeriksaan diatas maka telah dibuktikan bahwa ukuran utama yang dihasilkan dari proses iterasi solver telah memenuhi semua kriteria stabilitas. Dan dilampirkan juga kurva GZ-Heel Angle pada gambar 6-8 berikut:



Gambar 6-8 Kurva Stabilitas

#### VI.6.4 Pemeriksaan Ruang Muat

Perhitungan volume ruang muat diawali dengan menghitung volume ruangan dibawah deck yang tersedia dengan menggunakan rumus :

$$V_h = C_{b_{deck}} \times L \times B \times D'$$

Dimana :

- L = Lpp = 91,97 m
- B = Bm = 17,02 m
- D' = Perhitungan akibat penambahan sheer pada kapal = 7,795 m
- $C_{b_{deck}}$  = Koreksi  $C_{b_{deck}}$  dengan variable Cb kapal dan Tinggi = 0,8636

Didapat perhitungan besar volume ruang dibawah main deck adalah 10540,51 m<sup>3</sup>

Karena kapal ini mengangkut muatan cair maka diusahakan muatan yang diisi semaksimal mungkin untuk mengurangi efek dari luas permukaan bebas muatan jika tidak diisi penuh. Maka ditambahkan volume muatan yang berada di daerah sekitar palkah dengan cara menghitung volume daerah palkah, dengan dimensi palkah sebagai berikut :

- Panjang = 12,8 m
- Lebar = 8,41 m
- Tinggi = 0,8 m
- Jumlah = 3 palkah



Maka didapatkan volume muatan yang berada di sekitar palkah sebesar  $V_{hc} = 259.335 \text{ m}^3$ .

Selanjutnya adalah melakukan pengurangan volume ruangan di bawah deck dengan volume kamar mesin, volume ceruk haluan, dan volume ceruk buritan, berikut hasil perhitungan volume-volume ruangan tersebut :

- Volume kamar mesin =  $1546,058 \text{ m}^3$
- Volume ceruk buritan =  $841.67 \text{ m}^3$
- Volume ceruk haluan =  $763.752 \text{ m}^3$

Berikut hasil perhitungan volume ruang muat dibawah deck :

$V_h + V_{hc} - V_{km} - V_{ch} - V_{cb} = 10540,51 + 259.335 - 1546.058 - 841.67 - 763.752 = 7796.14 \text{ m}^3$ . Namun bukan sampai hanya disitu saja selanjutnya dilakukan koreksi pengurangan volume tersebut dengan volume double bottom, double skin, dan volume untuk slop tank :

- Volume double bottom =  $1270.13 \text{ m}^3$
- Volume double skin =  $950.20 \text{ m}^3$
- Volume slop tank =  $223.51 \text{ m}^3$

Perhitungan dengan koreksi :  $7796.14 - 1270.13 - 950.20 - 223.51 = 5352.314 \text{ m}^3$ . Dengan kondisi seperti ini ternyata margin untuk koreksi ruang muat yaitu tercapai sekitar 1.23 %.

#### VI.6.5 Pemeriksaan Freeboard

Pada perhitungan freeboard ini ada dua hal yang dilakukan perhitungan koreksi, yaitu :tinggi freeboard minimum dan minimum bow height. Untuk yang pertama adalah melakukan pengecekan tinggi minimum *freeboard* kapal alurnya sebagai berikut :

1. *Freeboard* standart

Yaitu freboard yang tertera pada tabel freeboard standar yang sudah diberikan oleh IMO sesuai dengan tipe kapal untuk kapal dengan panjang 94 m freeboard minimumnya adalah  $Fb = 396 \text{ mm}$

2. Koreksi untuk kapal dengan bangunan atas ( $Fb_4$ )

Untuk kapal ini bangunan atas terdiri dari bangunan atas poop deck dengan forecastle deck dengan panjang poop adalah 18,90 m dan panjang forecastle 9,45 m. Kemudian panjang total dari bangunan atas itu sebesar 28,35 m, lalu dilihat perbandingan antara panjang total bangunan atas dengan panjang total kapal dan didapat angka 0,3. Dari table didapatkan



informasi bahwa untuk perbandingan panjang bangunan atas 0,3 ko reksi penambahan freeboardnya adalah 21% dari panjang kapal dan didapatkan hasil 219 mm.

3. Koreksi koefisien blok (untuk kapal dengan  $C_b > 0.68$ )

$$\begin{aligned} Fb_2 &= fb \times (0.68 + C_b) / 1.36 \\ &= 1166 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Koreksi tinggi ( $Fb_3$ )

$$\begin{aligned} Fb_3 &= R(D-L/15) \quad [\text{mm}] \\ R &= L/0.48 \quad (\text{untuk } L < 120\text{m}) \\ &= 195.83 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$Fb_3 = 254.84 \text{ mm} \quad \text{Jika } D < L/15 \text{ tidak ada koreksi}$$

#### **Lambung timbul minimum**

Adalah penjumlahan dari semua koreksi untuk mendapatkan tinggi lambung timbul minimum.

- Freeboard standart = 1044 mm
- Koreksi koefisien blok = 1166 mm
- Koreksi bangunan atas = 219 mm
- Koreksi tinggi kapal = 254,84 mm
- Lambung timbul (*Freeboard*) minimum = 1640 mm

Dari perhitungan batasan yang telah dibuat didapat nilai lambung timbul minimum adalah 1640 mm. Lambung timbul hasil iterasi yang didapatkan dari H – T didapat nilai 2568 mm. Jadi lambung timbul barge telah memenuhi standar.

#### **VI.7 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum Barge**

Dalam proses merancang sebuah kapal maka yang pertama dilakukan adalah pembuatan rencana garis. Dalam pembuatan rencana garis ini digunakan software Maxsurf. Caranya adalah dengan perpaduan antara maxsurf dengan AutoCad. Pada Program Maxsurf juga disediakan beberapa desain dasar kapal, seperti Tanker Bow, series 60, ship 1, ship 2, ship 3 dan sebagainya. Dengan memanfaatkan desain dasar tersebut (berupa bagian bentuk kapal), maka bisa dibuat bagian kapal lainnya dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar seperti model kapal yang dipilih.

Dalam proses desain barge ini, pembuatan rencana garis di maxsurf dilakukan dengan membuat surface baru. Surface tersebut diatur sedemikian rupa agar didapatkan bentuk kapal yang sesuai. Panjang, lebar, tinggi dan sarat disesuaikan dengan ukuran utama yang telah didapatkan dari proses optimasi solver.

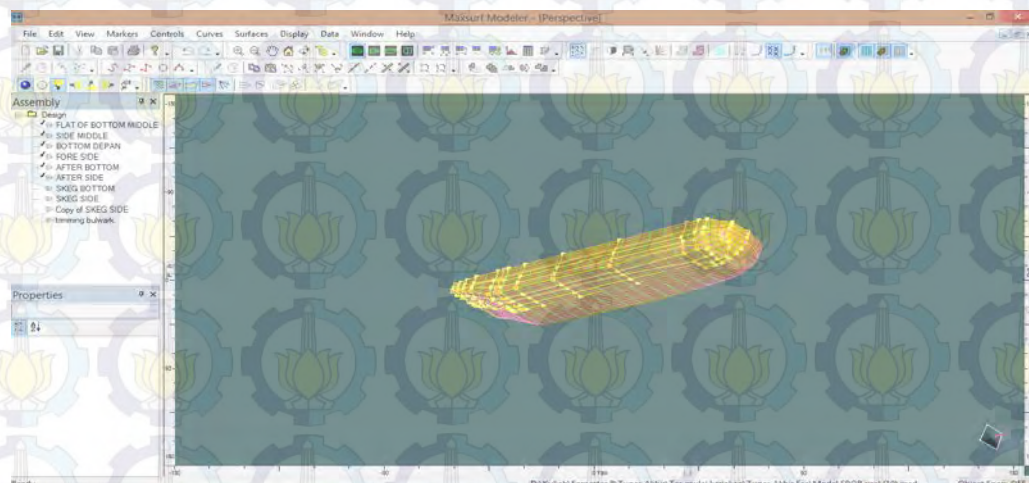


Pembuatan rencana umum dilakukan sepenuhnya menggunakan software Autocad. Ukuran pembagian ruang dan sekat berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Mengenai peralatan dan perlengkapan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

### VI.7.1 Rencana Garis *Self-Propelled Barge*

Pembuatan model *Self-Propelled Barge* di maxsurf cenderung lebih mudah, karena bentuk tongkang yang sederhana. Permasalahan yang agak rumit hanya ketika membuat bentuk haluan karena dituntut untuk membuat rencana garis yang bentuknya *smooth* demi mendapat hambatan kapal yang terkecil. Dalam maxsurf telah disediakan beberapa model surface yang dapat di insert.

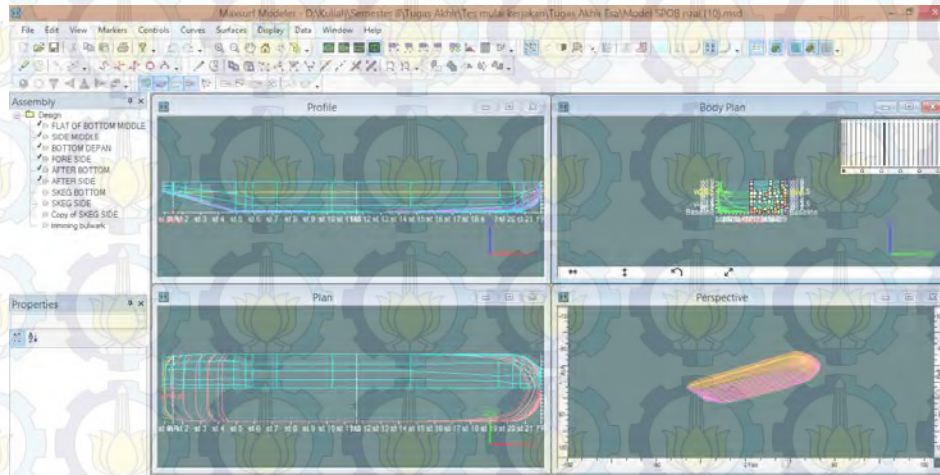
Selanjutnya adalah pembentukan bagian haluan dan buritan. Bagian inilah yang dibutuhkan kejelian dalam mengatur control point agar permukaan *smooth*. Semakin banyak control point yang dibuat maka permukaan plat akan semakin bagus.



Gambar 6-8 Tampilan Perspective Maxsurf

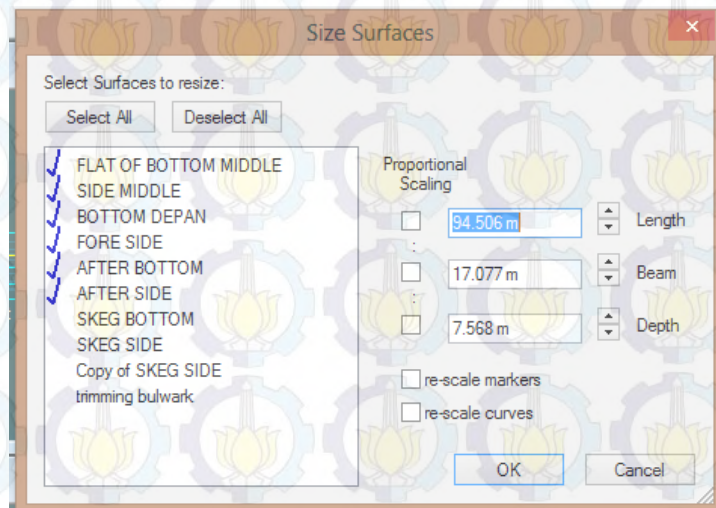


Untuk melihat smooth atau tidaknya permukaan, didalam maxsurf telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan/belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif. Garis-garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis. Berikut merupakan gambar dari model yang telah dibuat.



Gambar 6. 7 Tampilan 4 Sudut Pandang Maxsurf

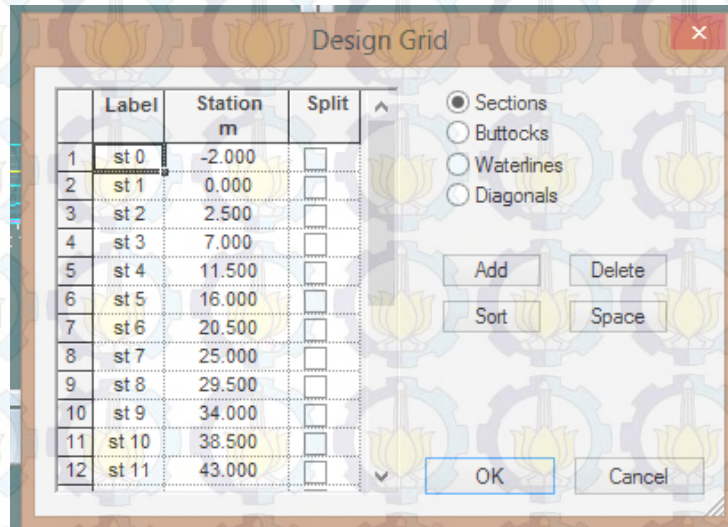
Setelah model selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran surface pada menu surface > size surface kemudian akan muncul kotak dialog sebagai berikut.



Gambar 6. 8 Tampilan *Input Size Surface*

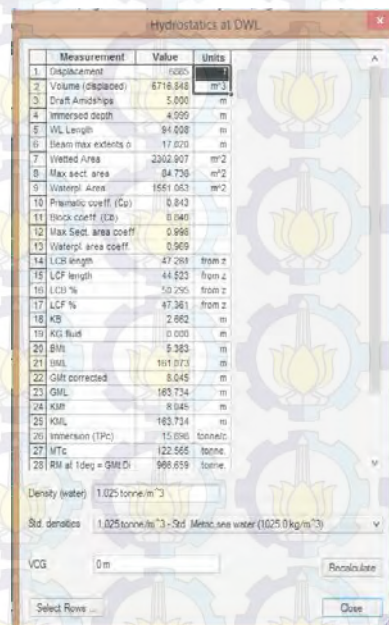


Untuk panjang diisi dengan Loa, agar keterangan Lpp bisa didapat sesuai ketika di set pada waktu *frame of references*. lebar dan tinggi disamakan dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk mengatur jumlah dan letak dari station, Buttock line dan Water line, dengan mengakses menu data > grid spacing dan akan muncul kotak dialog sebagai berikut.



Gambar 6. 9 Tampilan *settings design grid*

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses menu data > frame of reference. Pada menu ini akan tampak panjang Lwl kapal. Setelah sarat kapal ditentukan selanjutnya dilakukan pengecekan nilai hidrostatik dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses menu data > calculate hydrostatic.



Gambar 6.12 Tampilan Perhitungan Hidrostatik

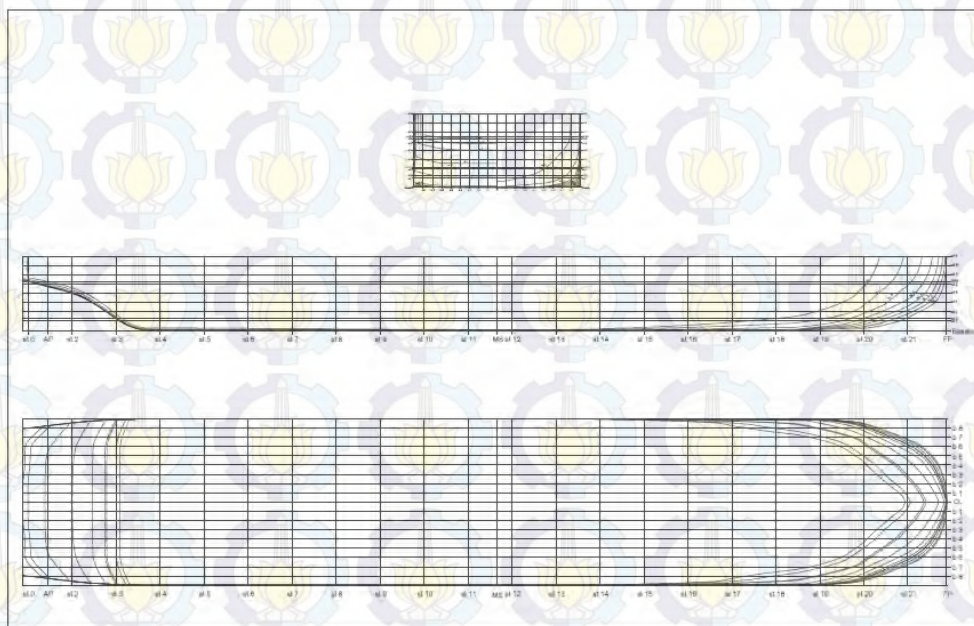


Dari sini akan tampak data-data hidrostatik dari model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model.

Dari data di atas dapat diketahui bahwa ukuran model telah sesuai dengan perhitungan. Dari perhitungan displacement adalah 6879,13 ton, sedangkan displacement dari model maxsurf adalah 6885 ton. Selisih antara keduanya adalah (0.09%), ini masih dalam rentang batasan maksimum yaitu 1%. Maka secara umum model yang telah dibuat dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik file > export > DXF and IGES, atur skala 1:1, kemudian klik ok dan save file baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.

Setelah didapatkan body plan, sheer plan dan halfbreadth plan, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file dwg yang merupakan output dari software autocad. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit editing pada rencana garis yang telah didapat. Berikut merupakan rencana garis dari *Self-Propelled Barge* yang dirancang.




Gambar 6.10 Rencana Garis *Self-Propelled Barge*



### VI.7.2 Rencana Umum Self-Propelled Barge

Selanjutnya dilakukan pengerjaan pembuatan desain rencana umum dari *Self-Propelled Barge* tersebut. Dikarenakan peraturan MARPOL 73/78 Annex II (13 F & G) Regulations for the Control of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk, dimana untuk kapal dengan muatan lebih dari 600 DWT dan termasuk kedalam bahan bawaan yang berbahaya maka barge tersebut diwajibkan konstruksinya memiliki double bottom minimal 760 mm. Dimana payload dari barge yang telah didesain lebih dari 600 DWT (5100 DWT) dan CPO merupakan salah satu muatan yang dikategorikan berbahaya maka peraturan tersebut diterapkan pada barge ini.

BEFORE REVISION		SAMPLE PRODUCTS	AFTER REVISION	
CAT	Ship Type		CAT	Ship Type
A	1	Liquid chemical wastes, Motor fuel anti-knock compounds, Naphthalene etc.	X	1
B	2			
C	3	Vegetable Oil: Palm Oil, Palm Kernel Oil, Palm Olein, Soya Oil etc.	Y	2 (k)
D				
III	No Requirement	Vegetable protein solution (hydrolysed) Waxes, Urea solution etc.	Z	3
		Double Hull / Double Bottom	Other Substances	No Requirement
		Minimum 760 mm Hull distance		
		Revised COF and P&A Manual		

Gambar 6.15 Tabel Aturan Double Bottom dan Double Skin

Rumus yang digunakan untuk kapal diatas 5000 DWT adalah sebagai berikut :

Double Bottom :  $h = B/15$

$$h = 17,02/15$$

$$h = 1.135 \text{ m}$$

diambil,  $h = 1,2 \text{ m}$

Double Hull :  $w = 0.5 + (DWT)/20.000$

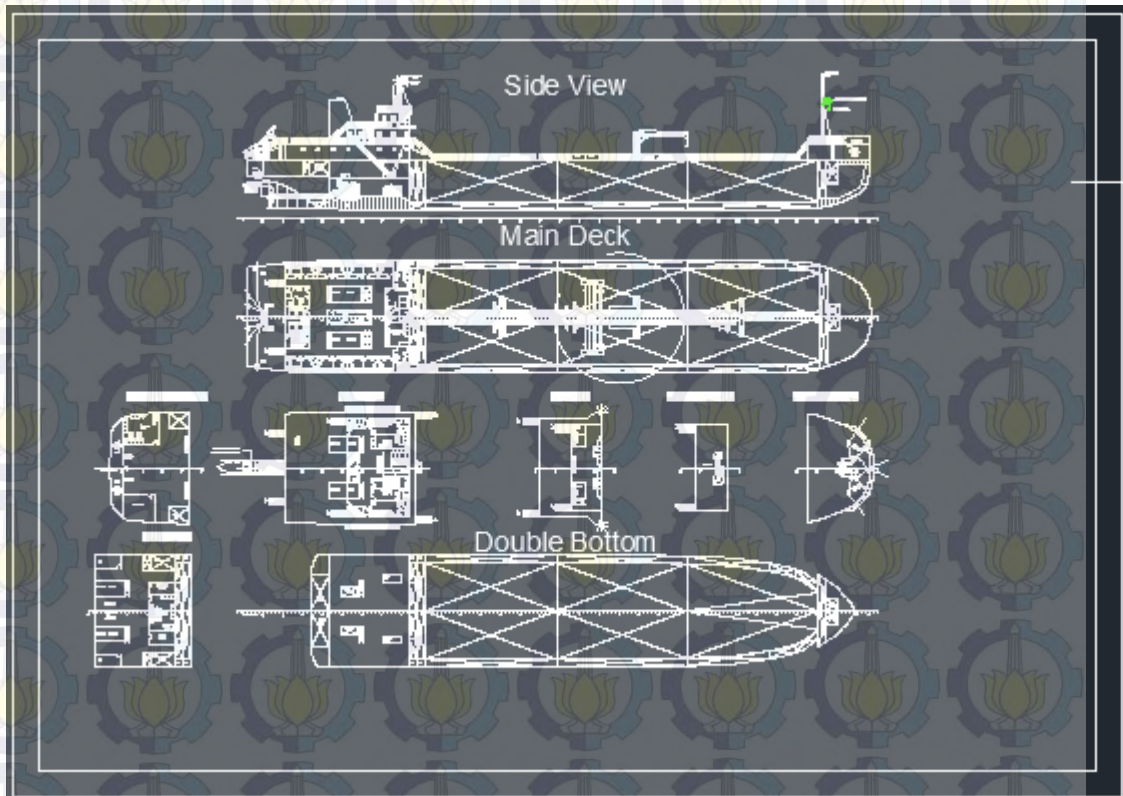
$$w = 0.5 + (5183,487)/20.000$$

$$w = 0,8 \text{ m}$$

diambil,  $w = 1,2 \text{ m}$



Dimana untuk peraturan BKI dengan panjang kapal 94 m maka jumlah sekat melintangnya adalah sebanyak 5 buah.



Gambar 6.11 Rencana Umum *Self-Propelled barge*

### VI.7.3 Pemeriksaan Trim

Trim adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan even keel merupakan kondisi dimana sarat belakang TF dan sarat depan Ta adalah sama. Trim terbagi dua yaitu trim haluan dan trim buritan.

Perhitungan trim dengan rumus yang diambil dari Parametric Design (Parsons, 2001):

\* Titik berat kapal (KG dan LCG)]

$$\begin{aligned} KG &= 4,70 \text{ m} \\ LCG &= -43,65 \text{ m dari FP} \end{aligned}$$

\* Titik berat gaya tekan keatas (KB dan LCB)]

$$\begin{aligned} LCB &= -44,69 \text{ m Dari FP} \\ KB/T &= 0.5169 \end{aligned}$$



$$KB = 2.5847 \text{ m}$$

\* Jari-jari metacentre melintang kapal ( $BM_T$ )

$$BM_T = I_T / V$$

dimana :

$$I_T = \text{momen inersia melintang kapal}$$

$$= C_I * B^3 * L$$

$$C_I = 0.0683$$

$$I_T = 30994 \text{ m}^4$$

jadi jari-jari metacentre melintang kapal adalah :

$$BM_T = 4.6181 \text{ m}$$

\* Jari-jari metacentre memanjang kapal ( $BM_L$ )

$$BM_L = I_L / V$$

dimana :

$$I_L = \text{momen inersia memanjang kapal}$$

$$= C_{IL} * B * L^3$$

$$C_{IL} = 0.0647$$

$$I_L = 857496 \text{ m}^4$$

jadi jari-jari metacentre memanjang kapal adalah :

$$BM_L = 127,77 \text{ m}$$

\* Tinggi metacentre memanjang kapal ( $GM_L$ )

$$GM_L = KB + BM_L - KG$$

$$GM_L = 125,65 \text{ m}$$



\* Selisih LCG dan LCB

$$\text{LCB} - \text{LCG} = -1.05 \text{ m}$$

\*  $\text{Trim} = (\text{LCB} - \text{LCG}) * (L / \text{GM}_L)$

$$\text{Trim} = 0.077 \text{ m}$$

\* Pengecekan kondisi dan kriteria trim

$$\text{Kondisi} = \text{Trim Buritan}$$

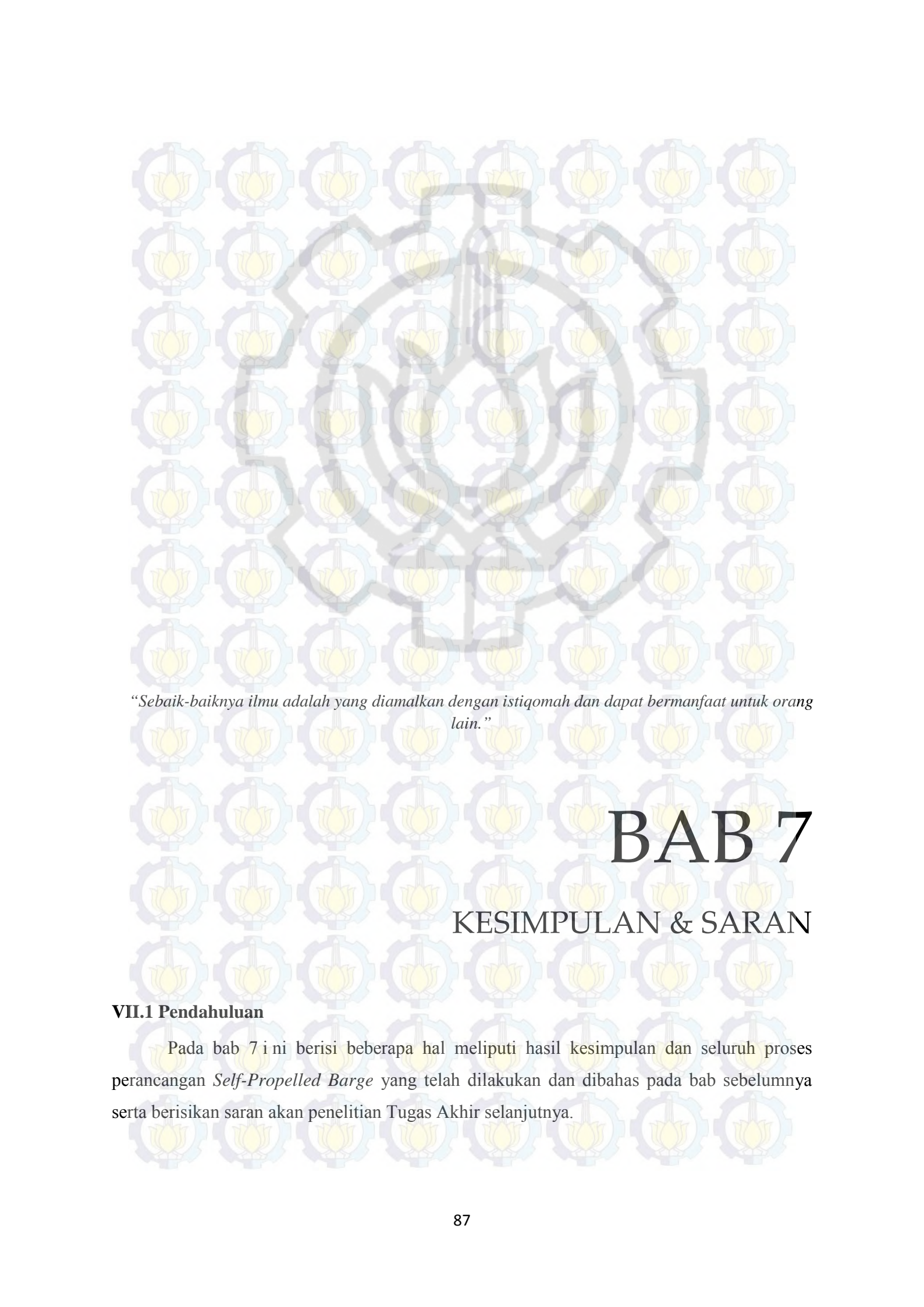
$$\text{kriteria} = 0.1\% \text{ Lpp} \text{ m}$$

$$= 0.092 \text{ m}$$

$$\text{Status} = \text{OK}$$

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa tongkang mengalami trim haluan dan ini tidak melebihi 0.1% Lpp.





*“Sebaik-baiknya ilmu adalah yang diamalkan dengan istiqomah dan dapat bermanfaat untuk orang lain.”*

# BAB 7

## KESIMPULAN & SARAN

### **VII.1 Pendahuluan**

Pada bab 7 ini berisi beberapa hal meliputi hasil kesimpulan dan seluruh proses perancangan *Self-Propelled Barge* yang telah dilakukan dan dibahas pada bab sebelumnya serta berisikan saran akan penelitian Tugas Akhir selanjutnya.



## VII.2 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini ada 3 poin yang dihasilkan

1. Kebutuhan *supply* dan *demand* pada masing-masing pelabuhan, yaitu :

- Pelabuhan *Supply*

- Pelabuhan Bumiharjo	=	676,583	ton
- Pelabuhan Sampit	=	179,595	ton
- Pelabuhan Bagendang	=	5,139,448	ton
- Pelabuhan Banjarmasin	=	911,505	ton

- Pelabuhan *Demand*

- Dermaga WILMAR Indonesia	=	1,518,894	ton
- Dermaga PT Salim Ivomas Pratama	=	1,556,933	ton

2. Rute pelayaran dan besar *payload* yang akan diangkut kapal.

Dari hasil perhitungan model optimasi perencanaan jaringan didapatkan rute yang dilayani adalah dari Pelabuhan Bagendang menuju Dermaga PT Salim Ivomas Pratama di daerah Tanjung Perak, dengan besar *payload* 5100 ton.

3. Ukuran utama kapal yang akan didesain.

Dari hasil proses perhitungan optimasi ukuran utama untuk kapal yang memenuhi batasan-batasan dan parameter yang diberikan, maka didapatkan ukuran utama *Self-Propelled Barge* yaitu :

Ukuran Utama *Self-Propelled Barge*

- L (Panjang) = 94.50 m
- B (Lebar) = 17.02 m
- H (Tinggi) = 7.57 m
- T (Sarat) = 5.00 m
- Mesin = 2 x 478 Kw YANMAR Type 6RY17W

Total perkiraan *cost* yang digunakan untuk membangun *Self-Propelled Barge* sebesar Rp. 96,707,666,597 yang terdiri dari harga struktur, permesinan, dan *outfitting*.



### VII.3 Saran

Pada pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa kelemahan pengumpulan data yang disebabkan data yang terkumpul masih cukup kurang dan dirasa kurang *up to date* sehingga hal ini bisa berimbas pada hasil akhir penelitian. Selain itu metode peramalan data yang digunakan juga merupakan proses peramalan data dalam tahap awal sehingga perlu adanya pendetailan ulang seperti pembobotan dan koreksi eror dalam proses peramalan datanya jika akan dilakukan penelitian lanjutan.

Sehingga untuk mendapatkan hasil perhitungan dan analisa yang lebih valid sebaiknya data yang dikumpulkan juga lebih banyak dan sumbernya bisa dipertanggungjawabkan. Selain itu perlu dilakukan pula tinjauan daerah yang lebih mendetail mengenai kondisi lingkungan sekitar dan fasilitas pelabuhan yang ada.



## Daftar Pustaka

- Aryawan, W. (2010). MODEL PENGANGKUTAN CRUDE PALM OIL (CPO) UNTUK DOMESTIK.
- BSNI. (2006). *Penanganan Muatan Crude Palm Oil*. Retrieved Mei 2015, from [http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/detail\\_sni/7338](http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7338).
- Eddy. (2009). *Penanganan Muatan Tanker*. Retrieved Mei 2015, from <http://www.noltime.com/penanganan-muatan-tanker.html>.
- Evans, P. J. (1959). Ship Design Spiral. *TKI Maritiem*.
- H Schneekluth, V. B. (1998). *Ship Design Efficiency and Economy, Second Edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Handoyo, B. (2010). ITS-Undergraduate. *Perancangan Kapal SPB Sebagai Sarana Transportasi Kayu di Kalimantan*.
- Kalteng, P. (2009). *Pemanfaatan Lahan Gambut sebagai Sarana Perluasan Perkebunan Kelapa Sawit*. Retrieved Mei 2015, from <http://www.indonesia.go.id/en/regional-government/middle-kalimantan-province/natural-resources>.
- Kalteng, P. (2009). *Wikipedia Ensiklopedia Indonesia*. Retrieved Mei 2015, from <http://www.indonesia.go.id/in/pemerintah-daerah/provinsi-kalimantan-tengah/profil-daerah>.
- LOGINDO. (2013). *www.logindo.com*. Retrieved Mei 2015, from <http://www.logindo.co.id/renana-ipo-logindo-samudramakmur-lepas-1932-juta-lembar-saham/>.
- Manning. (1996). Developmental Stability And Fitness.
- Masykur. (2013). *Industri Minyak Sawit dan Bio-Diesel Dunia*. Retrieved Mei 2015, from <http://jurnal.unitri.ac.id/index.php/reformasi/article/40/37>.
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Ship Design Chapter 11*. Michigan: Dept Of Naval Architecture and Marine Engineering, Univ. Of Michigan.
- Sanjaya, R. (2010). *Penerapan SOLAS Chapter II-2 untuk Kapal Tanker*. Retrieved Mei 2015, from <http://navale-engineering.com/2012/04/solas.html>.
- Sudjatmiko. (1967). *Penanganan Muatan Pada Kapal*.
- Ufron, M. (2008). ITS-Undergraduate. *Studi Penentuan Lokasi Pelabuhan Ekspor CPO Wilayah Sumatera Tengah*.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design*. Scotland: ELSEVIER.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). Oxford, UK: Elsevier.



### Data Kapal Pembanding

Payload	=	5100 ton
DWT	=	5610 ton
Batas Atas	=	6451.5 ton
Batar Bawah	=	4207.5 ton

Nama Kapal	DWT (Ton)	Principal Dimension				Rasio		
		Lwl (m)	Bm (m)	H (m)	T (m)	L/B	B/T	L/T
Atlantis Antibes	5659	99.35	16.8	7.4	6.29	5.91	2.67	15.79
Azuma Maru No.18	5667	98	16	8	6.61	6.13	2.42	14.83
Cappadocian	5667	100	16	8	5.98	6.25	2.68	16.72
ASC	5707	99.35	16.8	7.4	6.29	5.91	2.67	15.79
Ayse S	5850	98.41	16.8	8.6	6.29	5.86	2.67	15.65
Amalthia	6325	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46
Althea	6333	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46
Alfa Sea	6341	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46
Alexandria	6379	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46
Anamaria	6487	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46
Alnilam	6500	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	13.90
Altair	6500	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	13.90
Aqua Terra 7	6500	94.5	18	9.4	6.82	5.25	2.64	13.86
Aqua 6	6510	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	13.90
Ateela 2	6835	94.78	18	10	7	5.27	2.57	13.54
Avatar	6876	94	18	10	7	5.22	2.57	13.43
Bahia Tres	6920	94	18	10	7	5.22	2.57	13.43
Budi Mesra	6921	95.55	18	10	7	5.31	2.57	13.65
Anlong	6941	95.1	18	9.5	6.8	5.28	2.65	13.99
Anhong	6964	95.1	18	9.5	6.8	5.28	2.65	13.99
Min		94.00	16.00	7.40	5.98	5.22	2.42	13.43
Max		100.00	18.00	10.00	7.00	6.25	2.77	16.72



## PROSES OPTIMASI PERENCANAAN SELF-PROPELLED BARGE

Decision Variabel							
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Ukuran Utama	Panjang	m	Lwl	94.00	94.00	100.00	ACCEPTED
	Lebar	m	B	16.00	17.02	18.00	ACCEPTED
	Tinggi	m	H	7.40	7.57	10.00	ACCEPTED
	Sarat	m	T	5.00	5.00	7.00	ACCEPTED

Constraints							
Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Number	$F_n = V / (g \cdot L_{pp})^{0.5}$				0.15	0.30	ACCEPTED
Stabilitas	MG pada sudut oleng $0^0$	m	$MG_0$	0.15	2.73		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$	m	$LS_{30}$	0.2	26.91		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada $LS$ maksimum	deg	$LS_{maks}$	25	46.05		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada $30^0$	m.rad	$LD_{30}$	0.055	1.030		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada $40^0$	m.rad	$LD_{40}$	0.09	1.787		ACCEPTED
	Luas Kurva GZ antara $30^0 - 40^0$	m.rad		0.03	0.76		ACCEPTED
Freeboard	$F_s$	m	F	1.64	2.57		ACCEPTED
Displacement	Koreksi displacement	%		2.00%	2.40%	5.00%	ACCEPTED
Rasio			L/B	3.50	5.52	10.00	ACCEPTED
			B/T	1.80	3.40	5.00	ACCEPTED
			L/T	10.00	18.80	30.00	ACCEPTED
Hold Capacity	Koreksi volume ruang muat	%		0%	1.23%	5%	ACCEPTED

Objective Function				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Hull Cost	Rp		36,585,258,477
	E & O Cost	Rp		46,295,042,533
	Machinery Cost	Rp		15,863,650,799
	Total Cost	Rp		98,743,951,809

Parameter				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Massa Jenis Air Laut	ton/m <sup>3</sup>	air laut	1.025
	Gaya Gravitasi	m/s <sup>2</sup>	g	9.81
	Kecepatan Relatif Angin	Knot	Va	8
	Kedalaman Perairan (maksimal)	m		5
	Massa Jenis Baja	kg/m <sup>3</sup>	baja	7,850
	Kecepatan Dinas	Knot	Vs	9.0
	Payload	ton		5,100

Kalkulasi				
	Item	Unit	Symbol	Value
Kapasitas	Displacement	Ton	$\Delta$	6879.130
	Deadweight	Ton	DWT	5186.18
	Lightweight	Ton	LWT	1528.18
	Total Berat	Ton	DWT+LWT	6714.36
	Selisih displacement-berat	%		0.02
LWT	Hull	Ton	$W_{st}$	1141.810
	Hull Equipment & Outfitting	Ton	$W_{eo}$	293.368
	Machinery	Ton	$W_{res}$	93.0
Koefisien	Koefisien Prismatic		$C_p$	0.841
	Koefisien Midship		$C_m$	0.997
	Koefisien garis air		$C_w$	0.899
	Koefisien blok		$C_b$	0.839
Titik Berat	Tinggi Titik Berat	m	KG	4.702
	Jarak titik berat dari AP	m	LCG	137.722
Titik Apung	Tinggi Titik Apung	m	KB	1.77
	Jarak titik apung dari AP	m	LCB	2.82



### OUTPUT UKURAN UTAMA BARGE

item	value	unit
Lwl	94.00	m
Loa	94.50	m
Lpp	91.97	m
B	17.02	m
H	7.57	m
T	5.00	m
v	9	knots
v	4.6296	m/s
fn	0.152	
cb	0.839	
cm	0.997	
cp	0.841	
cwp	0.899	
lcb/L	0.03	% from midship
lcb	1.295174	m from midship
lcb	2.82	% from midship
volum displ	6711.346	m <sup>3</sup>
berat displ	6879.130	ton
	1.025	ton/m <sup>3</sup>
g	9.81	m/s <sup>2</sup>

96%\*Lwl 90.24  
97%\*Lwl 91.18  
midship 45.987 dari AP

### Hasil perhitungan Hidrostatik Maxsurf

Item	Value	Unit	Differences(%)
Lwl	94.008	m	0.01
Loa	94.506	m	0.01
Lpp	91.973	m	0.00
B	17.077	m	0.31
H	7.568	m	0.00
T	5	m	0.00
v	N/A	knots	-
v	N/A	m/s	-
fn	N/A		-
cb	0.84		0.15
cm	0.998		0.07
cp	0.843		0.23
cwp	N/A		-
lcb/L	N/A	% from midship	-
lcb	1.2945	m from midship	0.05
lcb	47.281	m from AP	-
volum displ	6716.848	m <sup>3</sup>	0.08
berat displ	6885	ton	0.09
	N/A	ton/m <sup>3</sup>	-
g	N/A	m/s <sup>2</sup>	-



## Coeffisien calculation

### Input Data :

Lwl = 94.00 m  
 Ho = 7.57 m  
 Bo = 17.02 m  
 To = 5.00 m  
 Fn = 0.1524562

### Parametric Design 11-7

L<sub>o</sub>/B<sub>o</sub> = 5.5 (influence with ship longitudinal strenght)  
 B<sub>o</sub>/T<sub>o</sub> = 3.4 (influence with ship stability)  
 L<sub>o</sub>/T<sub>o</sub> = 18.8 (influence with ship resistance)  
 Vs = 9 knot  
 4.6296 m/s  
 ρ = 1.025

### Perhitungan :

#### • Froude Number Dasar

$$Fn_o = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 0.152$$

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.154

#### • Perhitungan ratio ukuran utama kapal :

$$L_o/B_o = 5.5 \rightarrow 3.5 < L/B < 10$$

$$B_o/T_o = 3.4 \rightarrow 1.8 < B/T < 5$$

$$L_o/T_o = 18.8 \rightarrow 10 < L/T < 30$$

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

#### • Block Coeffisien (Schneekluth and Bertram) :

$$Cb = -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3 \rightarrow 0.15 \leq Fn \leq 0.32$$

$$= 0.839$$

Parametric design halaman 11-11

#### • Midship Section Coeffisien (Series 60')

$$Cm = 0.977 + 0.085(Cb - 0.6)$$

$$= 0.997$$

Parametric design halaman 11-12

#### • Waterplan Coeffisien

$$Cwp = Cb / (0.471 + 0.551 Cb) \quad (\text{for tanker and bulker})$$

$$= 0.899$$

Parametric design halaman 11-16

#### • Longitudinal Center of Bouyancy (LCB) (Schneekluth and Bertram)

$$LCB = (-13.5 + 19.4 C_p) \quad \text{for tanker and bulker}$$

$$= 2.8164228 \text{ \% LCB dari midship}$$

$$= 1.2951743 \text{ m LCB dari midship}$$

$$= -44.691326 \text{ m dari FP}$$

Parametric design halaman 11-19

#### • Prismatic Coeffisien

$$C_p = C_b / C_m$$

$$= 0.841$$

#### • Lwl

$$Lwl = 94.00 \text{ m}$$

#### • ∇ (m3)

$$\nabla = L \cdot B \cdot T \cdot C_B$$

$$= 6711.346 \text{ m}^3$$

#### • Δ (ton)

$$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \gamma$$

$$= 6879.130 \text{ ton}$$







## Perhitungan Berat Permesinan

### Input Data :

$D = 3.250$   
 $n \text{ (rpm)} = 110$   
 $Z = 4$  buah  
 $AE/AO = 0.55$

$P_D = 762.78237 \text{ kW}$   
 $P_B = 780.34002 \text{ kW}$

### Perhitungan :

#### Main Engine

$W_E = 14.856 \text{ ton}$   
 Berat Main Engine dan Auxilliary

#### Propulsion Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hal 175

##### • Gear Box

$$W_{\text{GEAR}} = (0.3 \sim 0.4) \cdot \frac{P_B}{n}$$

$= 2.838 \text{ ton}$   
 Jumlah gear box = 2 buah  
 Total  $W_{\text{GEAR}} = 5.675200165 \text{ ton}$

##### • Shafting

Panjang poros (l) = 10 m

$$M_v/l = 0.081 (P_D/n)^{2/3}$$

$$= 0.299$$

$$M_s = M_v/l \cdot l$$

$$= 2.991 \text{ ton}$$

Jumlah poros = 2 buah

Total berat poros = 5.981027681 ton

##### • Propeller

$$d_p = 1.1 \cdot 0.5 \left( \frac{P_D}{n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 21.930$$

$$K \approx \left( \left( \frac{d_s}{D} \right) \left( 1.85 \frac{A_E}{A_v} \right) - (Z - 2) \right) / 100$$

$$= 0.049$$

$$W_{\text{Prop}} = D^3 \cdot K$$

$$= 1.670 \text{ ton}$$

Jumlah propeller = 2 buah

Total berat propeller = 3.34060783 ton

##### • Total

$$W_{T, \text{Prop}} = W_{\text{Gear}} + M_s + W_{\text{Prop}}$$

$$= 14.997 \text{ ton}$$

#### Electrical Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hal 175

$$W_{\text{ABE}} = 0.001 \cdot P_B (15 + 0.014 \cdot P_B)$$

$$= 20.23012805 \text{ ton}$$

#### Other Weight

$$W_{\text{ow}} = (0.04 \text{ hingga } 0.07) P_B$$

$$= 42.91870125 \text{ ton}$$

estimasi diambil 0,055

$$\text{Total Machinery Weight} = 93.002 \text{ ton}$$

#### Titik Berat Machinery Plant

Parametric Design hlm.25

$$h_{\text{db}} = B/15$$

$$= 1.135 \text{ m}$$

diambil 1.20 m

$$KG_m = h_{\text{db}} + 0.35 (D' - h_{\text{db}})$$

$$= 3.429 \text{ m}$$

$$\text{LCG dari } A_p = 10.117 \text{ m}$$

$$\text{LCG mid} = -35.870 \text{ m}$$

$$\text{LCG dari FP} = -81.856 \text{ m}$$



## Perhitungan Berat Baja dan E&O Kapal

*Chapter 5 Practical Ship Design (Watson D.) & Ship Design Efficiency and Economy , 1998*

No	Type kapal	K	
1	Bulk carriers	0.031	0.002
2	Passenger ship	0.038	0.001
3	Coaster	0.03	0.002
4	Container Ship	0.036	0.003
5	Research ship	0.045	0.002
6	Chemical tanker	0.036	0.001
7	Tanker	0.032	0.003
8	Refrigerated cargo	0.034	0.002
9	Tugs	0.044	0.002
10	Ro-Ro Ferries	0.031	0.006

→ Hal 85 Practical Ship Design

### Input Data :

$L_{oa} = 94.500 \text{ m}$   
 $H_o = 7.568 \text{ m}$   
 $B_o = 17.024 \text{ m}$   
 $T_o = 5.000 \text{ m}$   
 $F_n = 0.152$   
 $C_b = 0.839$

### Perhitungan :

#### 1 Berat Baja

$$W_{st} = W_{si}' (1 + 0.05(C_b' - C_b))$$

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si})$$

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36}$$

$$C_b' = 0.7$$

$$* E = L \cdot (B + T) + 0.85 \cdot L \cdot (D - T) + 0.85(11 \cdot h_1) + 0.75(12 \cdot h_2)$$

Superstructure length and height

Dimana :

$L_{fore} =$	9.45 m
$h_{fore} =$	2.4 m
$L_{poop} =$	18.90 m
$h_{poop} =$	2.4 m

$$* E = 2370.900$$

$$* W_{si} = 1244.607 \text{ ton}$$

$$* W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si})$$

$$W_{si}' = 1149.788 \text{ ton}$$

$$* W_{st} = W_{si}' (1 + 0.05(C_b' - C_b))$$

$$W_{st} = 1141.810 \text{ ton}$$

*Practical Ship Design hal. 83-85*

(Net Steel Weight)

note : % Scrap adalah menunjukkan sejumlah bagian baja yang hilang karena proses kerja. Nilainya fungsi dari  $C_b$ , Jenis kapal, dan ukuran kapal (David G.M Watson, Practical Ship Desing, 1998)

Deckhouse length and height

$L_{2nd \text{ Deck}} =$	9.45 m
$h_{2nd \text{ Deck}} =$	2.4 m
$L_{Nav. \text{ Deck}} =$	4.73 m
$h_{Nav. \text{ Deck}} =$	2.4 m

Length of Ship	Scrap %		
	Min		Max
60 m > L > 100 m	0.5		1
45 m > L > 60 m	1		2
L < 45 m	3		3

Cb correction Scrap

$$\% \text{ Scrap} = 5.022 C_b^{-1.57}$$

$$\% \text{ Scrap} = 6.62 \quad \%$$

$$\text{Total Scrap \%} = 7.62 \quad \%$$



## Center Gravity of Steel

Input Data :

$$\begin{aligned} L_{oa} &= 94.500 \text{ m} \\ B &= 17.024 \text{ m} \\ H &= 7.568 \text{ m} \\ \nabla_A \text{ Superstructure} &= 1158.3204 \text{ m}^3 \\ \nabla_{DH} \text{ Deckhouse} &= 488.44022 \text{ m}^3 \\ LCB (\%) &= 2.8164228 \end{aligned}$$

Parametric design halaman 11-19

Perhitungan :

**KG**

$$C_{KG} = 0.53 \rightarrow \text{koefisien titik berat}$$

$$\begin{aligned} KG &= C_{KG} \cdot D_A = C_{KG} \cdot D + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{PP} \cdot B} \\ &= 5.063 \text{ m} \end{aligned}$$

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.150

**LCG dari midship**

$$\begin{aligned} \text{dalam \%L} &= -0.15 + LCB \\ &= 2.66642279 \\ \text{dalam m} &= LCG(\%) \cdot L \\ &= 1.22619451 \text{ m} \end{aligned}$$

Parametric Design Chapter 11 , Hlm.25

**LCG dari FP**

$$\begin{aligned} LCG_{FP} &= -(0.5 \cdot L - LCG \text{ dr midship}) \\ &= -44.760305 \text{ m} \end{aligned}$$

**LCG dari AP**

$$LCGA_p = 47.21 \text{ m}$$



## Consumable and Crew Calculation

Chapter 11 Parametric Design : Michael G. Parsons  
Lecture of Ship Design and Ship Theory : Herald Pochls

### Input Data :

Lpp =	91.973	m	Vs =	4.6296	m/s =	9	knots	15.432	km/jam
B =	17.024	m	PB =	780.34	kW =	1.341022	HP		
H =	7.568	m		1046.45	HP				
T =	5.000	m							

### Perhitungan :

#### Consumable :

##### • Jumlah Crew

C <sub>st</sub> =	1.2	(Coef steward dept 1,2 - 1.33)
C <sub>dk</sub> =	11.5	(Coef deck dept. 11,5 - 14,5)
C <sub>eng</sub> =	8.5	(Coef engine dept. 8,5 - 11,00 diesel)
cadet =	2	(umumnya 2 orang)
Zc =	Cst.Cdk.(L.B.H.35/105) <sup>1/6</sup> + Ceng.(BHP/105) <sup>1/3</sup> + cadet	
=	19.3512682	orang dalam kapal ini ada

21

##### • Crew Weight

C <sub>C&amp;E</sub> =	0.17	ton/person
W <sub>C&amp;E</sub> =	3.57	ton

Ref: Parametric design chapter 11, p11-25

##### • Fuel Oil

SFR =	0.00019	ton/kW.hr	(0.000190 ton/kW hr untuk diesel engine)
MCR =	1104	kW	
Margin =	0.1		[1+(5% ~ 10%)] .WFO
W <sub>FO</sub> =	MCR*SFR*radius pelayaran/vs*1,4		koreksi cadangan engine 1,3-1,5 diambil 1,4
=	23.8249953	ton	S (range) adalah jarak yang ditempuh dalam kilometer
V <sub>FO</sub> =	25.5805213	m <sup>3</sup>	range = 1252 kilometer
V <sub>FO</sub> (PS) =	12.7902607	m <sup>3</sup>	
V <sub>FO</sub> (SB) =	12.790261	m <sup>3</sup>	

##### • Diesel Oil

C <sub>DO</sub> =	0.2	ton/m <sup>3</sup>
W <sub>DO</sub> =	4.76499907	ton
V <sub>DO</sub> =	5.71799888	m <sup>3</sup>
V <sub>DO</sub> (PS) =	2.85899944	m <sup>3</sup>
V <sub>DO</sub> (SB) =	2.8589994	m <sup>3</sup>

##### • Lubrication Oil

W <sub>LO</sub> =	20	ton	(medium speed diesel)
	10	ton	(low speed diesel)
W <sub>LO</sub> diambil =	20	ton	
V <sub>LO</sub> =	23.111	m <sup>3</sup>	
V <sub>DO</sub> (PS) =	11.5555556	m <sup>3</sup>	
V <sub>DO</sub> (SB) =	11.555556	m <sup>3</sup>	

##### • Fresh Water

range =	1252	kilometer	
Vs =	15.432	km/jam	(hasil dari excel optimasi muatan dari lama total waktu satu kali pelayaran)
day =	81.1301192	=	3.38042 days
W <sub>FW Tot</sub> =	0.17	ton/(person.day)	lama pelayaran diambil 9 days
=	32.13	ton	
ρ <sub>FW</sub> =	1	ton/m <sup>3</sup>	
V <sub>FW</sub> =	33.4152	m <sup>3</sup>	
V <sub>FW</sub> (PS) =	16.7076	m <sup>3</sup>	
V <sub>FW</sub> (SB) =	16.7076	m <sup>3</sup>	

##### • Provision and Store

W <sub>PR</sub> =	0.01	ton/(person.day)
=	1.89	ton
W <sub>crew&amp;consumable</sub> =	86.18	ton

#### Perhitungan Titik Berat Consumable dan Crew

LKM = 5 + L(panjang mesin induk) + 1 + L(panjang Genset) =	12.00	m
Panjang ceruk buritan =	10.00	m
Panjang ceruk haluan =	7.80	m
Kapal SPOB ini terdapat 1 cofferdam yaitu :		
Diantara cargo tank dan machinery room		
space slop tank = 2 jarak gading	1.2	m
Panjang pump room = 2 kali jarak gading	1.2	m
Panjang dari AP sampai sekat kamar mesin =	22.00	m

#### Dimensi ruang akomodasi

$$L_{rm} = L_{pp} - (L_{cb} + L_{ch} + L_{km}) = 59.773 \text{ m}$$

##### • Poop

Lp = 20% * L =	18.90	m
hp =	2.4	m
L <sub>CH</sub> =	7.80	m

##### • 2nd Deck

h II =	2.4	m
Ld II =	9.45	m

##### • Nav. Deck

h III =	2.4	m
Ld III =	4.73	m

#### Berat crew per layer

W <sub>C&amp;E poop</sub> =	3.06	ton
W <sub>C&amp;E II</sub> =	0.51	ton
W <sub>C&amp;E Nav. Deck</sub> =	1.89	ton

Ref: Parametric design chapter 11, p11-25



**Titik berat crew**

## • KG

$$\begin{aligned} \text{KG p} &= H + 0,5 \cdot h \cdot \text{poop} = 8.768 \text{ m} \\ \text{KG II} &= H + h_{\text{poop}} + 0,5h_l = 11.168 \text{ m} \\ \text{KG III} &= H + h_p + h_l + 0,5h_{ll} = 13.568 \text{ m} \end{aligned}$$

**Titik berat air tawar**

## • Dimensi tangki

$$\begin{aligned} T_{fw} &= H - T = 2.320 \text{ m} \\ B_{fw} &= 65\%B = 2.080 \text{ m} \\ P_{fw} &= V_{fw} / (t_{fw} \cdot t_{w}) = 3.462 \text{ m} \end{aligned}$$

**Titik berat lubrication oil**

## • Dimensi tangki

$$\begin{aligned} t_{LO} &= h_{db} = 2.320 \text{ m} \\ B_{LO} &= 1.0400 \text{ m} \\ P_{LO} &= 4.789 \text{ m} \end{aligned}$$

**Titik berat diesel oil**

## • Dimensi tangki

$$\begin{aligned} t_{DO} &= h_{db} = 2.320 \text{ m} \\ B_{DO} &= 1.040 \text{ m} \\ P_{DO} &= 1.185 \text{ m} \end{aligned}$$

**Titik berat fuel oil**

## • Dimensi tangki

$$\begin{aligned} t_{FO} &= 2.000 \text{ m} \\ B_{FO} &= 1.332 \text{ m} \\ L_{FO} &= 4.800 \text{ m} \end{aligned}$$

**Titik berat consumable**

$$\begin{aligned} \text{KG} &= 5.284 \text{ m} \\ \text{LCG dr AP} &= 9.748 \text{ m} \end{aligned}$$

SFR  
SFR

## • LCG from AP

$$\begin{aligned} \text{LCG p} &= 0,5L_p + L_{rm} + L_{ch} = 12.550 \text{ m} \\ \text{LCG II} &= 0,5L_d \text{ II} + L_{rm} + L_{ch} = 17.275 \text{ m} \\ \text{LCG III} &= 0,5L_d \text{ III} + L_{rm} + L_{ch} = 19.640 \text{ m} \end{aligned}$$

## • Titik berat

$$\begin{aligned} \text{KG} &= 10.654 \text{ m} \\ \text{LCG} &= 15.446 \text{ m} \end{aligned}$$

## • Titik berat

$$\begin{aligned} \text{KG}_{fw} &= T + 0,5t_{fw} = 6.298 \text{ m} \\ \text{LCG}_{fw} &= 8.269 \text{ m} \end{aligned}$$

## • Titik berat

$$\begin{aligned} \text{KG}_{LO} &= 6.298 \text{ m} \\ \text{LCG}_{LO} &= 3.117 \text{ m} \end{aligned}$$

## • Titik berat

$$\begin{aligned} \text{KG}_{DO} &= 0,5 \cdot h_{db} = 6.298 \text{ m} \\ \text{LCG}_{DO} &= 6.033 \text{ m} \end{aligned}$$

## • Titik berat

$$\begin{aligned} \text{KG}_{FO} &= 1.000 \text{ m} \\ \text{LCG}_{FO} &= 17.200 \text{ m} \end{aligned}$$



## Crew List

		Jumlah
<i>Deck Department</i>		
Captain	=	1
Chief Officer	=	1
Second Officer	=	1
Radio Operator	=	1
Doctor	=	1
Quarter Master	=	3
Boatswain	=	1
Seaman	=	2
<b>Total</b>	<b>=</b>	<b>11</b>
<i>Engine Department</i>		
Chief Engineer	=	1
Second Engineer	=	1
Third Engineer	=	1
Fireman	=	1
Oiler	=	3
<b>Total</b>	<b>=</b>	<b>7</b>
<i>Service Department</i>		
Chief Cook	=	1
Ass. Cook	=	1
Steward	=	1
<b>Total</b>	<b>=</b>	<b>3</b>
<b>Jumlah Crew</b>	<b>=</b>	<b>21</b>



## Equipment and Outfitting Calculation

[ Referensi : Ship Design Efficiency and Economy , 1998 ]

Input Data :

$L_{pp} = 91.9730 \text{ m}$   
 $B = 17.0241 \text{ m}$   
 $H = 7.5680 \text{ m}$

### Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship :  $160 - 170 \text{ kg/m}^2$   
For large cargo ships, large tanker, etc :  $180 - 200 \text{ kg/m}^2$   
Therefore, for oat, it is used :  $195 \text{ kg/m}^2$

Ship Design for Efficiency and Economy page 172

#### • POOP

$L_{poop} = 18.90 \text{ m}$   
 $B_{poop} = 17.0241 \text{ m}$   
 $A_{poop} = 321.76 \text{ m}^2$   
 $W_{poop} = 62.74 \text{ ton}$

#### • FORECASTLE

$L_{forecastle} = 9.45 \text{ m}$   
 $B_{forecastle} = 17.0241 \text{ m}$   
 $A_{forecastle} = 160.88 \text{ m}^2$   
 $W_{forecastle} = 31.4 \text{ ton}$   
 $LCG_{forecastle} = -87.25 \text{ m dari AP}$

#### • DECKHOUSE

##### 2nd Deck

$L_{DH II} = 9.45 \text{ m}$   
 $B_{DH II} = 15 \text{ m}$   
 $A_{DH II} = 141.98 \text{ m}^2$   
 $W_{DH II} = 27.69 \text{ ton}$

##### Nav. Deck

$L_{DH III} = 4.73 \text{ m}$   
 $B_{DH III} = 13 \text{ m}$   
 $A_{DH III} = 61.54 \text{ m}^2$   
 $W_{DH III} = 12.00 \text{ ton}$

$W_{Group III} = 102.43 \text{ ton}$

Ship Design Efficiency and Economy page 172

### Grup IV (Miscellaneous)

$C = (0.18 \text{ ton / m}^2 < C < 0.26 \text{ ton / m}^2)$   
 $= 0.25 \text{ [ton/m}^2]$

$W_{Group IV} = (L * B * D)^{2/3} * C$   
 $= 129.940 \text{ [ton]}$

Equipment and Outfitting Total Weight

$= 293.368 \text{ [ton]}$

61 ton berat crane



### Outfit Weight Center Estimation

$$D + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{pp} \cdot B}$$

$$D_A = 8.620$$

$$KG_{E\&O} = 1.02 \cdot 1.08 D_A$$
$$= 9.051 \text{ m}$$

Ship Design for Efficiency and Economy page 173

#### 1. $LCG_1$ (25% $W_{E\&O}$ at $LCG_M$ )

$$25\% W_{E\&O} = 73.342 \text{ ton}$$

$$Lcb \text{ dari FP} = -44.691 \text{ m}$$

$$Lcb \text{ dari AP} = 47.282 \text{ m}$$

$$LCG_M \text{ dr FP} = -81.856 \text{ m}$$

$$LCG_M \text{ dari AP} = 10.117 \text{ m}$$

$$Lkm = 12.000 \text{ m}$$

Parametric design chapter 11, p11-25

#### 2. Perhitungan titik berat outfitting berdasarkan jumlah layer

2nd deck

$$L_{DH \text{ II}} = 9.450 \text{ m}$$

$$W_{DH \text{ II}} = 27.686 \text{ ton}$$

$$LCG_1 \text{ dari AP} = [0,5 \cdot L + (Lkm + Lcb) + 0,5 \cdot l_{deck}]$$

$$= 8.570 \text{ m}$$

Nav. Deck

$$L_{DH \text{ III}} = 4.725 \text{ m}$$

$$W_{DH \text{ III}} = 12.000 \text{ ton}$$

$$LCG_{II} \text{ dari AP} = 10.933 \text{ m}$$

#### $LCG_2$ (37,5% $W_{E\&O}$ at $LCG_{DH}$ )

$$37.5\% W_{E\&O} = 110.01308 \text{ ton}$$

$$LCG_{dh} \text{ dari AP} = 9.2845415 \text{ m}$$

#### 3. $LCG_3$ (37,5% $W_{E\&O}$ at midship)

$$37.5\% W_{E\&O} = 110.013 \text{ ton}$$

$$\text{Jarak dari AP} = 45.9865 \text{ m}$$

$$LCG_{E\&O} \text{ dari AP}$$

$$= 23.26 \text{ m}$$

$$LCG_{E\&O} \text{ (dari FP)}$$

$$= -69.24 \text{ m}$$



## Hold Capacity Calculation

*Lecture of Ship Design and Ship Theory : Herold Pochis*

Input Data :

Lpp =	91.97	m
Lwl =	94.00	m
B =	17.02	m
H =	7.57	m
T =	5.00	m
Cb =	0.84	

### • Perhitungan camber

Camber (C) =	0.340	m
$C_m = 2/3 * C$	0.227	

### • Perhitungan Sheer

Sa =	0.000	m
Sf =	0.000	m
Sm =	0.000	m
$D' = D + C_m + S_m$	7.795	m

### • Perhitungan Cb Deck

Section =	U section	
c =	0.3	
Cb Deck =	$C_b + c(D/T - 1) \cdot (1 - C_b)$	
=	0.863619467	

### • Perhitungan Vh

Vh = total volume kapal di bawah upper deck dan diantara perpendicular [m3]

$$V_h = C_{b_{deck}} \cdot L \cdot B \cdot D' = 10540.50861 \text{ m}^3$$

### • Perhitungan Vu

Vu = cargo capacity yang tersedia diatas upper deck seperti hatch coaming.

Vu = Tidak ada capacity di atas deck maka nilainya =

0

#### HATCH WAY

Panjang =	12.8	m	hold =	3	
Tinggi =	0.8	m			
Lebar =	8.40964392	m	$V_{HC} =$	259.335	m <sup>3</sup>
kostanta deduction =	0.02				

### • Perhitungan kamar mesin

Lkm esti =	Lporos antara + Lgearbox + L ( panjang mesin induk ) + Lgangways	
Lporos antara =	0.29	m
Lgearbox =	0.62	m
Lmesin =	2.723	m
Lgangways =	7.47	m
Lkm esti =	11.10	m
Lkm esti =	18.50	Jarak gading
Lkm diambil =	20	Jarak gading
Lkm diambil =	12	m
Lebar =	17.024	m
Tinggi =	7.568	m
Volume k. mesin =	1546.058	m <sup>3</sup>

### • Ceruk buritan

Penentuan letak ceruk buritan

Dari bentuk stern kapal, tentukan letak ujung belakang tabung poros (sterntube) dr AP

yaitu sebesar 0.35T = 1.75 m

diambil 1.8 m atau 3 jarak gading

Jadi, ujung belakang tabung poros ada pada gading nomor 3

Dari ujung belakang tabung poros ke sekat tabung poros (sterntube bulkhead) berjarak minimum tiga jarak gading

diambil 6 jarak gading = 3.6 m  
sedangkan jarak sterntube bulkhead dari AP adalah 10 m  
sterntube Bulkhead ada pada gading nomor 16.67 dari AP

L ceruk buritan diambil =	10.000	m
Lebar =	17.02	m
Tinggi =	7.57	m
Volume =	841.67	m <sup>3</sup>



• **Ceruk haluan**

Lch = Min. 0.05Lc atau 10m ; diambil terkecil  
Max. 0.08Lc atau 0.05Lc+3m ; diambil terbesar

Lc = Lpp

Lch min = 4.59865 m

Lch max = 7.358 m

Lch max = 7.60 m

Lch diambil (gading nomor) =

Lch perhitungan = 7.80 m

Lch diambil= 7.8 m

Lebar = 17.02 m

Tinggi = 7.57 m

Volume = 763.752 m<sup>3</sup>

• **Koreksi**

**Double bottom**

Ldb = 62.173 m

Bdb = 17.024 m

Hdb = 1.200 m

Vdb = 1270.128 m<sup>3</sup>

**Double skin (as wing tank)**

Lds = 62.173 m

Bds = 1.2 m

Hds= H-hdb = 6.4 m

Vds = 950.200 m<sup>3</sup>

Ref : BKI vol II ; page 24-2

(Untuk sisi kanan dan kiri, jadi dikali 2)

**Slop Tank and Pump Room**

Lcf = 2.4 m

Bcf = 14.62 m

Hcf = 6.4 m

Vcf = 223.5025155 m<sup>3</sup>

VR = ((Vh-Vm)\*(1+0.02))+Vu 7796.144 m<sup>3</sup>

Vr' = VR-(Vdb-Vds-Vcf)= 5352.314 m<sup>3</sup>

**Koreksi wing tank (1.8%) dari volum kotak**

= 963.4164774 m<sup>3</sup>

VR = 4388.897 m<sup>3</sup>



## **Batasan Kapasitas Ruang Muat**

Spesific volume muatan 0.85 ton/m<sup>3</sup> (berat dalam ton tiap meter kubik)

Input Data :

Volume ruang muat = 4388.8973 m<sup>3</sup>

Berat muatan = 5100 ton

Volume muatan = 4335 m<sup>3</sup>

Perhitungan :

Selisih Volume r.muat & Volume muatan= 53.90 m<sup>3</sup>

Selisih dalam % = 1.23%

Kondisi = accepted (Batasan kondisi=5%)



# Total Weight and Total Centers Estimation

## 1. Light Weight Tonnes (LWT)

### • Steel Weight

$$W_{ST} = 1141.810 \text{ ton}$$

$$KG = 5.063 \text{ m}$$

$$LCG \text{ dr FP} = -44.760 \text{ m}$$

### • Equipment & Outfitting Weight

$$W_{E\&O} = 293.368 \text{ ton}$$

$$KG_{E\&O} = 9.051 \text{ m}$$

$$LCG \text{ dr FP} = -69.242 \text{ m}$$

### • Machinery Weight

$$W_M = 93.002 \text{ ton}$$

$$KG = 3.429 \text{ m}$$

$$LCG \text{ dr FP} = -81.856 \text{ m}$$

## 2. Dead Weight Tonnes (DWT)

### • Consumable Weight

$$W_{\text{consum}} = 86.180 \text{ ton}$$

$$KG = 5.284 \text{ m}$$

$$LCG \text{ dr FP} = -82.225 \text{ m}$$

### • Payload

$$W_{\text{payload}} = 5100 \text{ ton}$$

$$KG = (H - H_{db}) * 0.5 + H_{db}$$

$$= 4.384 \text{ m}$$

$$LCG \text{ dr AP} = 51.298 \text{ m}$$

$$LCG \text{ dr FP} = -40.68 \text{ m}$$

## Total Weight

$$\text{Total weight} = LWT + DWT = 6714.360 \text{ ton}$$

$$KG \text{ Total} = 4.70 \text{ m}$$

$$LCG \text{ Total (dr FP)} = -43.72 \text{ m}$$

$$\text{Total LWT} = 1528.180 \text{ ton}$$



## Freeboard Calculation

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data :

$$\begin{aligned} L &= 94.00 \text{ m} & l_{\text{poop}} &= 18.90 \text{ m} \\ B &= 17.02 \text{ m} & l_{\text{FC}} &= 9.45 \text{ m} \\ D &= 7.57 \text{ m} & S &= l_{\text{poop}} + l_{\text{FC}} \\ d_1 &= 85\% \text{ Moulded Depth} & &= 28.35 \text{ m} \\ &= 6.43 \text{ m} \\ C_B &= 0.839 \\ \text{Tipe kapal} &= \text{Type B} \end{aligned}$$

Perhitungan :

### • Freeboard Standard

$$Fb = 1044.00 \text{ mm}$$

Regulation 28 Table 28.1

### • Koreksi

#### 1. Koreksi Depth (D)

Untuk kapal dengan harga  $D > L/15$  maka dikoreksi sebagai berikut :

$$Fb_3 = R(D - L/15) \text{ [mm]}$$

$$R = L/0.48 \quad (\text{untuk } L < 120\text{m})$$

$$= 195.83 \text{ m}$$

$$Fb_3 = 254.84 \text{ mm} \quad \text{Jika } D < L/15 \text{ tidak ada koreksi}$$

Regulation 31 Correction for depth

#### 2. Koreksi Bangunan Atas (Super Structure)

##### Forecastle

$$l_{\text{FC}} = 9.45 \text{ m}$$

$$h_{\text{FC}} = 2.30 \text{ m}$$

$$h_{\text{FC}} = 2.40 \text{ m}$$

$$l_{\text{FC}} = 9.45 \text{ m}$$

##### Poop

$$l_{\text{poop}} = 18.90 \text{ m}$$

$$h_{\text{poop}} = 2.30 \text{ m}$$

$$h_{\text{poop}} = 2.40 \text{ m}$$

$$l_{\text{poop}} = 18.90 \text{ m}$$

##### Effective Length Super Structure

$$E = l_{\text{FC}} + l_{\text{poop}}$$

$$= 28.35 \text{ m}$$

$$E[x.L] = 0.3$$

$$\%Fb = 21\%$$

##### Superstructure

$$Fb_4 = 219 \text{ mm}$$

### 3. Koreksi Cb Kapal

Untuk kapal dengan nilai koefisien blok lebih dari 0.68

$$Fb_2 = Fb \times (0.68 + C_b)/1.36$$

$$Fb_2 = 1166 \text{ mm}$$

##### Total Freeboard

$$Fb' = Fb_3 + Fb_4 + Fb_2$$

$$= 1639.97 \text{ mm}$$

$$Fb' = 1.640 \text{ m}$$

### • Minimum Bow height

$$Bwm = \frac{56L}{500} \left( \frac{CB(\text{kapal sampai upper deck})}{C_b + 0.68} \right) + C_b \text{ kapal} / L * B * d_1 = 0.839$$

$$= 3827.51 \text{ mm}$$

$$= 3.83 \text{ m}$$

### • Batasan Freeboard

#### Actual Freeboard

$$Fba = H - T$$

$$= 2.5679806 \text{ m}$$

Kondisi  $(Fba - Fb') = \text{Accepted}$  (karena  $Fba > Fb'$  maka Accepted)

### • Minimum Bow Height

$$Fba + Sf + h_{\text{FC}} = 4.97 \text{ m}$$

Kondisi Minimum Bow Height = Accepted (jika nilai dari  $Fba + Sf + h_{\text{FC}} > Bwm$ , maka Accepted)



# Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

## Input Data

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 91.97 \text{ m} \\ B &= 17.02 \text{ m} \\ T &= 5.00 \text{ m} \\ C_M &= 0.9973 \\ \nabla_B &= 0.83878 \\ C_{WP} &= 0.89885 \\ &= 6711.35 \text{ m}^3 \\ KG &= 4.70 \text{ m} \\ LCG_{\text{total FP}} &= -43.72 \text{ m} \\ LCB_{\text{dari mid}} &= 1.29517 \text{ m} \\ LCB_{\text{dari FP}} &= -44.69 \text{ m}\end{aligned}$$

## Sifat Hidrostatik

### 1. KB

$$\begin{aligned}KB/T &= 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B \\ &= 0.51693\end{aligned}$$

$$KB = 2.58467 \text{ m}$$

### 2. BM<sub>T</sub>

$$\begin{aligned}C_I &= 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041 \\ &\text{Transverse Inertia Coefficient}\end{aligned}$$

Parametric Ship Design hal. 11 - 19

$$= 0.0683$$

$$I_T = C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3$$

$$= 30993.9 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \quad ; \text{jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 4.61814 \text{ m}$$

### 3. BM<sub>L</sub>

$$\begin{aligned}C_{IL} &= 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146 \\ &\text{Longitudinal Inertia Coefficient}\end{aligned}$$

$$= 0.06474$$

$$I_L = C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$$

$$= 857496 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \quad ; \text{jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 127.768 \text{ m}$$

### 4. GM<sub>L</sub>

$$KB + BM_L - KG$$

$$= 125.65$$

### 5. Trim

$$= ((LCG - LCB) \cdot L_{PP}) \quad ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 27}$$

$$= 0.07097 \text{ m}$$

## Kondisi Trim

### Trim Buritan

### 6. Batasan Trim

$$\Delta (LCG - LCB)$$

$$= 0.071$$

$$0.1\% \cdot L_{PP}$$

$$= 0.09197$$

## Kondisi Batasan Trim

### Diterima

$$-0.97$$



## Stability Calculation

### COMPUTATION OF RIGHTING ARM FROM PRINCIPAL DIMENSIONS AND COEFFICIENTS

Input Data :

weight = long ton  
 Length = feet  
 1 feet = 0.3048 m  
 L = 308.40 ft  
 B = 55.85 ft  
 Bw = 55.85 ft (maximum waterline breadth = B)  
 H (sarat) = 16.40 ft  
 D<sub>M</sub> (Depth) = 24.83 ft  
 S<sub>F</sub> = 0.00 ft  
 S<sub>A</sub> = 0.00 ft  
 D<sub>0</sub> = Δ (ton)/1.016  
 = 6770.80 long ton  
 L<sub>d</sub> = length of superstructure which extend to sides of ship  
 = 62.01 ft  
 d = 7.87 ft  
 C<sub>B</sub> = 0.8388  
 C<sub>W</sub> = 0.899  
 C<sub>X</sub> = midship section coefficient at draft H = Cm  
 = 0.9973

Perhitungan :

#### Perhitungan Awal

C<sub>PV</sub> = vertical prismatic coff. = C<sub>B</sub>/C<sub>W</sub>  
 = 0.933  
 A<sub>0</sub> = area of waterline plan at designed draft = L.Bw.C<sub>W</sub>  
 = 16073.92  
 A<sub>M</sub> = area of immersed midship section = B.H.C<sub>X</sub>  
 = 913.75  
 S = Mean Sheer: (Ld\*d) + (0.5\*L\*(S<sub>F</sub>/3)) + (0.5\*L\*(S<sub>A</sub>/3))  
 = 488.25  
 A<sub>2</sub> = area of vertical centerline plane to depth D = (0.98\*L\*DM) + S  
 = 7992.444  
 D = Mean Depth : (S/L) + DM  
 = 26.41  
 F = mean freeboard = D - T  
 = 10.008  
 A<sub>1</sub> = area of waterline plane at depth D maybe estimate from A<sub>0</sub> and nature of stations above waterline = 1.01 . A<sub>0</sub>  

$$\Delta_0 + \left( \left( \frac{A_0 + A_1}{2} \right) \cdot \left( \frac{F}{35} \right) \right) = 16234.66$$

#### Perhitungan Koefisien GZ

$$\frac{\frac{A_2}{L \cdot D}}{\frac{2 - \frac{A_1}{A_0}}{2}} = 11390.14$$

$$\delta = \frac{A_M - (B \cdot D \cdot F)}{B \cdot D}$$

$$= -1075.72$$

$$C_W' = \frac{35 \cdot \Delta_1}{A_1 \cdot B}$$

$$= 0.981$$

$$C_X' = \frac{35 \cdot \Delta_1}{A_2 \cdot B}$$

$$= -0.362$$

$$C_{PV}' = C_W' - \frac{(140 \cdot d) \cdot (1 - C_{PV}'')}{B \cdot D \cdot L}$$

$$= 0.930$$

$$C_{PV}'' =$$

$$= 0.893$$



$$C_w'' =$$

$$= 1.017$$

$$f_0 = \frac{H \cdot \left[ \left( \frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right]}{2 \cdot F \cdot (1 - C_{pv}'')}$$

$$= 0.123$$

$$f_1 = \frac{H \cdot \left[ 1 - \left( \frac{A_0}{A_1} \right) \right]}{2 \cdot F \cdot (1 - C_{pv}'')}$$

$$= 0.186$$

$$f_2 = \begin{cases} \text{jika } CX' \geq 0.89, \text{ maka } = 9.1 \cdot (CX' - 0.342), & \text{jika tidak} = 0 \\ = 0 \end{cases}$$

$$KG = 15.43 \quad \text{beda dengan rumus buku}$$

• factor h1

$$f(=0) = 0.473$$

$$f(=0.5) = 0.480$$

$$f(=1) = 0.485$$

$$h1 = \text{untuk } h1, h0 \text{ dan } h2$$

$$\text{jika } 0 \leq f1 \leq 0.5, \text{ maka } = (f=0) + [(f1-0)/(0.5-0)] \cdot ((f=0.5) - (f=0))$$

$$\text{jika tidak } = (f=0.5) + [(f1-0.5)/(1-0.5)] \cdot ((f=1) - (f=0.5))$$

$$= 0.475$$

$$KG' = (D(1-h1)\Delta T - \dot{Q}) / (2\Delta T_0)$$

$$= 11.74$$

$$GG' = (KG' - KG)$$

$$= -3.69$$

• factor h0

$$f(=0) = 0.474$$

$$f(=0.5) = 0.481$$

$$f(=1) = 0.486$$

$$h0 = 0.475$$

$$KB_0 = (1-h0)H$$

$$= 8.604$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

$$= 3.134$$

• factor h2

$$f(=0) = 1.561$$

$$f(=0.5) = 0.470$$

$$f(=1) = 0.478$$

$$h2 = 1.561$$

$$G'B_{90} = (DT \cdot h2 \cdot B) / 4 \cdot Do - [d2 / D0 \cdot (17.5 / (A2 - (70 \cdot d / 8) \cdot (1 - CPV'')))]$$

$$= 36.282$$

$$C_1 = 0.070$$

$$BM_0 = 15.770$$

$$CI' = 0.090$$

$$BM_{90} = (C1' \cdot L \cdot D3) / 35 \cdot Do + [(Ld \cdot d^2 D2) / 140 \cdot Do]$$

$$= 2.517$$

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$= 8.949$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$= 12.636$$

$$G'M_{90} = -33.766$$

$$b_1 = [9 \cdot (G'B_{90} - G'B_0) / 8] - [(G'M_0 - G'M_{90}) / 32]$$

$$= 35.842$$

$$b_2 = (G'M_0 + G'M_{90}) / 8$$

$$= -2.641$$

$$b_3 = 3 \cdot (G'M_0 - G'M_{90}) / 32 - 3 \cdot (G'B_{90} - G'B_0) / 8$$

$$= -8.081$$



#### 19.1.4. Perhitungan Lengan Statis ( GZ [ feet ] )

• Heel Angle ( f ) = 0

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 5

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -0.321 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 6.224 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -0.903 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -4.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 0.959 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 10

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -0.640 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 12.259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -1.698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -6.998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 2.923 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 15

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -0.954 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 17.921 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -2.287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -8.081 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 6.599 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 20

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -1.261 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 23.039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -2.601 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -6.998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 12.179 \end{aligned}$$



• Heel Angle ( f ) = 25

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -1.558 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 27.457 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -2.601 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -4.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 19.257 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 30

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -1.844 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 31.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -2.287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 26.909 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 35

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -2.115 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 33.680 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -1.698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 4.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 33.908 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 40

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -2.370 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 35.297 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -0.903 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 6.998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 39.022 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 45

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0^\circ \text{PI}))/180 \\ &= -2.607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 35.842 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6^\circ \text{PI}))/180 \\ &= 8.081 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 41.315 \end{aligned}$$



• Heel Angle ( f ) = 50

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -2.824 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 35.297 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.903 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 6.998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 40.374 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 55

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 33.680 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 1.698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 4.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 36.398 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 60

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.193 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 31.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 2.287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 30.134 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 65

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 27.457 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 2.601 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -4.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 22.676 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 70

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.465 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 23.039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 2.601 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -6.998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 15.177 \end{aligned}$$



• Heel Angle ( f ) = 75

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.561 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 17.921 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 2.287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -8.081 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 8.566 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 80

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.631 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 12.259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 1.698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -6.998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= 3.327 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 85

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.673 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 6.224 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.903 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= -4.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= -0.586 \end{aligned}$$

• Heel Angle ( f ) = 90

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \pi)/180) \\ &= -3.687 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \pi)/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\ &= -3.687 \end{aligned}$$

### **Perhitungan Lengan Dinamis ( $L_D$ [ feet.rad ] )**

•  $h[\text{radian}]$  = (karena jarak sudut yang dibuat 5, maka dimasukkan =  $5 / (180/\pi)$ )

$$= 0.0873$$

•  $L_D$

$10^\circ$  = seperti simpson dari 0 - 10 derajat  $\frac{1}{3} \cdot h \cdot (a + 4 \cdot b + c)$

$$= 0.1966$$

$$20^\circ = 1.2071$$

$$30^\circ = 3.3777$$

$$40^\circ = 5.8632$$

$$L_{D \text{ Total}} = 10.6446$$



## REKAPITULASI PERHITUNGAN STABILITAS

unit : metric

### Lengan Statis ( GZ [ m ] )

GZ		
0	=	0.0000
5	=	0.2923
10	=	0.8909
15	=	2.0113
20	=	3.7121
25	=	5.8695
30	=	8.2019
35	=	10.3352
40	=	11.8939
45	=	12.5929
50	=	12.3061
55	=	11.0942
60	=	9.1849
65	=	6.9116
70	=	4.6260
75	=	2.6110
80	=	1.0142
85	=	-0.1786
90	=	-1.1238

### Lengan Dinamis ( $L_D$ [ m.rad ] )

$L_D$		
10	=	0.0599
20	=	0.3679
30	=	1.0295
40	=	1.7871
$L_{DTotal}$		= 3.2445

### Sudut Maksimum

Gz max = nilai maksimum GZ dari semua sudut 0-90  
= 12.593

Kolom ke- (nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa)  
= 10

Heel at Gz max (pada sudut heel berapa)  
= 45

### Titik

X1	=	40
X2	=	45
X3	=	50
Y1	=	11.8939
Y2	=	12.5929
Y3	=	12.3061

### Hasil perkalian matriks

a	=	-29.188
b	=	1.816
c	=	-0.020

qmax [  $X^\circ$  ]  
= 46



## Batasan Stabilitas Menurut IMO Resolution A. 749 (18)

Input data :

$e$  [ m . rad ]

$$30^\circ = 1.030$$

$$40^\circ = 1.787$$

$$30^\circ - 40^\circ = 0.758$$

$$GZ_{30^\circ} = 26.9091$$

$$\Theta_{\max} [ X^\circ ] = 46$$

$$GM^0 = [ \text{feet} ] = 8.9488275$$

$$[ \text{m} ] = 2.7276026$$

Perhitungan :

### • **Kriteria IMO Regulation A. 749 (18)**

$$e_{0,30}^\circ \geq 0.055 = \text{Accepted}$$

$$e_{0,40}^\circ \geq 0.09 = \text{Accepted}$$

$$e_{30,40}^\circ \geq 0.03 = \text{Accepted}$$

$$h_{30}^\circ \geq 0.2 = \text{Accepted}$$

$$\phi_{\max} \geq 25^\circ = \text{Accepted}$$

$$GM^0 \geq 0.15 = \text{Accepted}$$

Status = OK



**Perhitungan Harga Kapal**  
(Reference : Practical Ship Design, D.G.M. Watson)

**Perhitungan:**

**A. Biaya Pembangunan Kapal**

**Rekapitulasi Berat :**

**Input Data:**

Berat Baja Wst= 1141.81 Ton  
Berat Perlengkapan Weo= 293.37 Ton  
Berat Permesinan Wm = 93.00 Ton

**Perhitungan :**

**1) Structural Cost**

Pst = Wst x Cst  
Cst= 3,564.12 \$/Ton  
Maka, Pst= 4,069,550.44 \$  
Rp. 36,585,258,477

**2) Outfitting Cost**

Peo = Weo x Ceo  
Weo= 17,553 \$/Ton  
Maka, Peo= 5,149,615.41 \$  
Rp. 46,295,042,533.17

**3) Machinery Cost**

Pm = Wm x Cm  
Wm= 18,974 \$/Ton  
Maka, Pm= 1,764,588.52 \$  
Rp. 15,863,650,799.04

**Regresi Kurva Structural Cost, Machinery Cost dan Outfit Cost**

(Adapted from : Practical Ship Design , David G. M. Watson )  
chapter 18.5 hal 514

Structural Cost		Machinery Cost		Outfit Cost	
X	Y	X	Y	X	Y
446.11	4016.44	0.00	20000.00	108.51	18095.88
1000.00	3573.25	250.00	17404.86	250.00	17691.55
2000.00	3177.98	500.00	15223.74	500.00	16989.06
3000.00	2920.54	750.00	13526.95	750.00	16278.67
4000.00	2747.85	1000.00	12207.74	1000.00	15634.41
5000.00	2615.74	1250.00	11254.79	1250.00	15106.22
6000.00	2504.97	1500.00	10651.59	1500.00	14539.63
7000.00	2409.15	1750.00	10236.66	1750.00	13984.85
8000.00	2324.65	2000.00	9849.90	2000.00	13396.41
9000.00	2250.50	2250.00	9481.23	2250.00	12875.38
10000.00	2186.17	2486.79	9246.10	2500.00	12456.51
11000.00	2130.37			2750.00	12042.50
12000.00	2080.29			3000.00	11581.38
13000.00	2033.18			3106.81	11388.14
14000.00	1987.39				
15000.00	1943.50				
16000.00	1902.36				
17000.00	1864.79				
18000.00	1831.24				
19000.00	1801.64				
20000.00	1775.87				
21000.00	1753.82				
22000.00	1734.88				
23000.00	1717.95				
24000.00	1701.91				
25000.00	1685.99				
26000.00	1670.22				
27000.00	1654.70				
28000.00	1639.54				
29000.00	1624.81				
30000.00	1610.40				
31000.00	1596.18				
31275.60	1592.27				

**Hasil Regresi :**

**Structural Cost**

$$Y = aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX + e$$

a = 0.0000000000  
b = -0.0000000011  
c = 0.0000297990  
d = -0.3899111919  
e = 3972.1153341357

**Outfit Cost**

$$Y = aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX + e$$

a = 0  
b = -0.0000001095  
c = 0.0004870798  
d = -3.1578067922  
e = 18440.6636505112

**Machinery Cost**

$$Y = aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX + e$$

a = -0.0000000001  
b = -0.0000002814  
c = 0.0041959716  
d = -11.6043551506  
e = 20016.8963585246

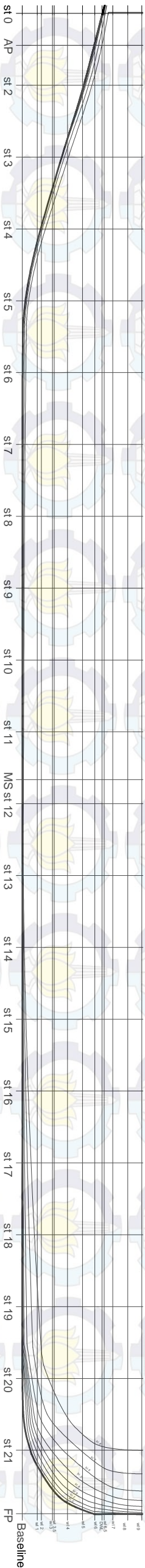




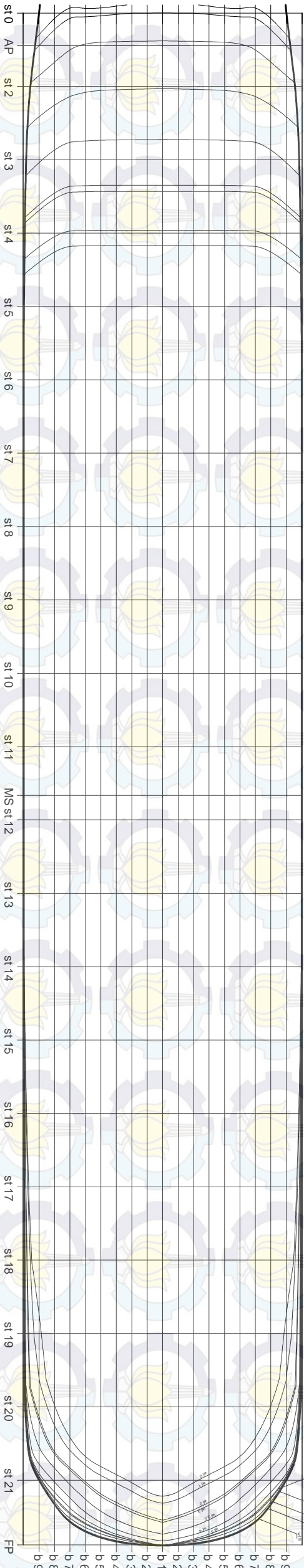




BODY PLAN



HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS

- SHIP TYPE : **TANKER**
- LENGTH OVER ALL : **94.50 m**
- LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR : **91.97 m**
- MOULDED DRAUGHT : **5 m**
- MOULDED BREADTH : **17.02 m**
- MOULDED DEPTH : **7.57 m**
- BLOCK COEFFICIENT : **0.839**
- DESIGNED SERVICE SPEED : **9 KNOTS**



SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING

RENCANA GARIS

5600 DWT OIL TANKER  
"MV.PANCA WAHYUNI"

SKALA	: 1 : 200	Tanggal	TTD	Note
DIGAMBAR	: Fahrizal Eka S			Reg.No. :
DISETUJUI	: Ir. Wasis Dwi Ayawan,M.Sc.,Ph.d.			41111.100.052



# BIOGRAFI PENULIS



Fahrizal Eka Satriawan, lahir di Surabaya 11 Januari 1993. Menjalani wajib belajar pendidikan dasar sembilan tahun pada 1999-2008 di SD Muhammadiyah 4 Pucang Surabaya dan melanjutkan ke SMPN 6 Surabaya, kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 2 Surabaya hingga tahun 2011. Lolos ujian tulis SNM-PTN dan diterima di Jurusan Teknik perkapalan FTK-ITS pada tahun 2011.

Pengalaman organisasi pada saat menempuh studi di masa perkuliahan sebagai anggota divisi Minat & Bakat Himatekpal tahun 2012/2013, sebagai anggota Departemen PSDM Himatekpal tahun 2013/2014.

Pengalaman sebagai panitia OC (Organizing Committee) OMBAK (Orientasi Mahasiswa Baru Anak Kapal) 2012, SC (Steering Committee) Kaderisasi Massal Terbatas Himatekpal pada tahun 2013, panitia SAMPAN ITS tahun 2011, 2012, 2013.

Pengalaman pelatihan : Peserta pelatihan AUTOCAD 2D & 3D oleh Himatekpal tahun 2012, Pelatihan LKMM-TD 2012.

Hobi penulis adalah melakukan olahraga seperti sepakbola, futsal, badminton, serta bermain musik dan berpetualang mendaki gunung.

Informasi : 0878 524 290 65 ; Email :fahrizaleka@yahoo.co.id



# STUDI DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE* UNTUK ANGKUTAN CPO (CRUDE PALM OIL) RUTE KALIMANTAN - JAWA

Fahrizal Eka Satriawan dan Dosen Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: wasis@na.its.ac.id

**Abstrak—** Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Prospek perdagangan kelapa sawit di masa mendatang terlihat sangat cerah dan baik untuk pasar domestik maupun ekspor. Dan Provinsi Kalimantan Tengah memiliki potensi yang cukup besar, dengan hasil produksi 1.1 juta ton per tahun diharapkan dapat meningkatkan produksi kelapa sawit nasional. Permasalahannya adalah belum adanya fasilitas pengolahan di Kalimantan Tengah membuat semua hasil produksi tersebut harus dibawa ke Pulau Jawa untuk dijadikan produk olahan yang siap konsumsi. Maka dari itu dibutuhkan sebuah alat transportasi laut yang efisien yang akan digunakan untuk distribusi kelapa sawit dari lapangan produksi menuju stasiun pengolahan. Alat transportasi laut efisien yang dimaksud adalah *Self-Propelled Barge* yang mampu mengangkut muatan yang tersedia dan sesuai dengan karakteristik perairan daerah sekitar. Sehingga pada tugas akhir ini yang pertama dilakukan adalah perhitungan *supply* dan *demand* pada masing-masing alternatif pelabuhan dan didapat hasil perhitungan sebagai berikut untuk peabuhan *supply* (Pelabuhan Bumiharjo : 676,583 ton, Pelabuhan Sampit: 179,595 ton, Pelabuhan Bagendang : 5,139,448 ton, Pelabuhan Banjarmasin: 911,505 ton), dan pada pelabuhan *demand* (dermaga WILMAR Indonesia: 1,518,894 ton dan dermaga PT Salim Ivomas Pratama: 1,556,933 ton). Rute pelayaran didapatkan dengan cara optimasi dengan Metode Simplex dan rute yang terpilih adalah dari Pelabuhan Bagendang menuju Dermaga PT Salim Ivomas Pratama di daerah Tanjung Perak kemudian dilakukan perhitungan besar *payload* dan didapatkan jumlah *payload* yang akan diangkut adalah 5100 ton. Kemudian dilakukan perhitungan optimasi ukuran utama kapal yang akan dibangun dengan parameter besar *payload*, kecepatan kapal, dan massa jenis muatan lalu ditambahkan untuk batasannya menggunakan batasan teknis dalam mendesain kapal dan kondisi perairan di daerah pelayaran maka didapatkan ukuran utama *Self-Propelled Barge* yang akan didesain: L (Panjang) = 94.50 m, B (Lebar) = 17.02 m, H (Tinggi) = 7.57 m, T (Sarat) = 5.00 m dan Mesin = 2 x 478 Kw YANMAR Type 6RY17W. Kata kunci: Desain, Kapal *Self-Propelled Barge*, *Supply* dan *Demand*, *Payload*, Ukuran Utama Kapal, Optimum, Parameter, Batasan, Perairan Sekitar.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu prioritas pembangunan yang ditetapkan Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Tengah dalam mencapai Visi Daerah sebagai pusat perdagangan dan jasa yang terkemuka di Indonesia Timur dan Asia Pasifik adalah pembangunan pertanian dalam arti luas. Kalimantan Tengah dengan kekayaan sumberdaya dan agroekologinya menyimpan potensi pengembangan komoditi pertanian seperti kelapa sawit, saat ini saja Provinsi Kalimantan Tengah sebagai salah satu penyuplai CPO terbesar di Indonesia, setelah Riau, Sumatera Utara, dan Jambi serta mampu memproduksi CPO hingga 1,1 juta ton per tahun dengan luas areal tanam kelapa sawit mencapai 530 ribu hektar[1]. Tetapi permasalahannya sendiri adalah di Kalimantan belum terdapat pabrik pengolahan hilir dari hasil produksi kelapa sawit ini seperti pabrik minyak goreng atau pabrik sabun. Sehingga hampir seluruh dari hasil produksi tersebut dibawa ke Pulau Jawa untuk diolah. Saat ini produksi nasional hasil olahan minyak kelapa sawit seperti Bio-diesel didominasi oleh pabrik-pabrik di pulau Jawa sebesar 51,4 %, disusul Sumatera sebesar 47,5 %, dan Kalimantan Barat 1.1 % [2]



Gambar 1.1 Peta Persebaran Pabrik Pengolah Minyak Sawit Menjadi Bio-diesel

(sumber : <https://bahanbakarminyak.files.wordpress.com>)

Dalam prakteknya dewasa ini pengiriman CPO (*Crude Palm Oil*) ke Pulau Jawa dilayani oleh kapal-kapal tanker besar yang secara teknis dirasa kesulitan jika harus dioperasikan di Kalimantan yang notabene perkebunan sawitnya bukan di pinggiran pantai melainkan berada di dekat muara-muara sungai. Karena ukuran kapal tanker yang biasa digunakan untuk mengangkut CPO (*Crude Palm Oil*) berukuran besar maka dibutuhkan sebuah moda transportasi



yang lebih fleksibel dengan kondisi perairan sungai yang memiliki karakteristik perairan pasang surut cepat dan arus yang deras sehingga salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengangkutan CPO (*Crude Palm Oil*) dengan menggunakan kapal tongkang yang ditarik menggunakan tug boat. Karena keuntungan kapal tongkang sendiri yang dapat dioperasikan diperaian dengan kedalaman terbatas seperti di sungai. Selain itu ada keuntungan lain jika menggunakan kapal tongkang, yaitu : b ongkar muat lebih cepat dan biaya pelabuhan lebih murah karena volume ruangan tertutup kecil [3].

Tetapi masalah baru kembali muncul yaitu permasalahan keselamatan, jika pada bulan-bulan tertentu gelombang di Laut Jawa sedang tinggi maka kapal tongkang yang ditarik tug boat tersebut tidak diijinkan berlayar karena jika gelombang tinggi dikhawatirkan tali y ang menghubungkan antara tug boat dan tongkang tersebut bisa merenggang dan tongkang bisa terbalik. Selain itu kebanyakan kapal tug boat yang menarik sebuah tongkang akan membutuhkan daya mesin yang lebih besar dari kapal tongkang yang memiliki penggerak sendiri atau biasa disebut *Self-Propelled Barge*. Seperti disebutkan dalam Tugas Akhir yang ditulis oleh Bachtiar Andy Ibrahim dengan judul “Studi Perbandingan Teknis dan Ekonomis Antara Barge Ditarik Tug Boat dan Barge Menggunakan *Self Propulsion*” yang dalam kesimpulannya dibutuhkan daya (2x883) kw untuk barge yang ditarik tug boat dan dibutuhkan daya 700 kw untuk barge yang memiliki system *Self Propulsion*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Crude Palm Oil*

*Crude Palm Oil* atau minyak kelapa sawit adalah bentuk pengolahan dari buah kelapa sawit atau tandan (*Elaeis guineensis*). Minyak kelapa sawit ialah tumbuhan yang hidup dalam iklim tropis yang lembap dengan massa jenis yang bermacam-macam. Kelapa sawit dapat ditemukan di bagian Afrika Timur dan Afrika Tengah, dan Madagascar serta Asia Tenggara.

Standar mutu dari *crude palm oil* yang baik diperhatikan dari komposisi kimia dari akhir proses pengolahan. Komposisi kimia dari crude plam oil berupa 50%-80% lemak asam (fatty acid), 1%-8.5% air, sisa merupakan kontaminasi lainnya. Pengujian standar mutu menggunakan standar International dimana kadar ragam minyak/lemak minimum 48%, kadar air maksimum 8.5%, dan kontaminasi maksimum 4%[4].

Tabel. 1.  
Kadar Asam Lemak Minyak Sawit

Stearic C18		4.6%
Myristic C14		1.0%
Oleic C18		38.7%
Linoleic C18		10.5%
Lainnya		0.9%
Hijau: Lemak Jenuh; Biru: Satu Lemak Tidak Jenuh; Jingga: Banyak Lemak Tidak Jenuh		

Pemanfaatan *crude palm oil* sebagai berikut :

1. Bahan utama dalam industri sabun dan kosmetik.
2. Bahan utama dalam industri minyak goreng, margarine, dan turunannya.
3. Bahan utama dalam industri bahan kimia seperti *fatty acid*, *alcohol*, dan *glycerin*.
4. Dalam industri baja digunakan sebagai bahan pelumas.
5. Bahan bakar alternatif pengganti solar untuk *boidiesel* atau pembangkit listrik tenaga diesel.

### B. Metode Pengangkutan CPO (*Crude Palm Oil*)

Seperti yang diketahui bahwasannya minyak kelapa sawit merupakan muatan yang dikemas dalam bentuk curah (bulk), dimana pengertian dari muatan curah adalah “muatan tidak dikemas dan dikapalkan sekaligus dalam jumlah besar” [5], dari kutipan pengertian diatas dapat diartikan bahwa muatan curah memiliki karakteristik unik yang dapat mempengaruhi risiko keselamatan transportasi ketika perjalanan menuju pelabuhan tujuan. Maka dari itu diperlukan penanganan khusus agar transportasi muatan curah cair ini dapat berlangsung aman, bahkan kebijakan pemerintah pada Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 1993 m enyebutkan pada setiap pengiriman barang muatan curah, harus dilengkapi dengan dokumen berisi keterangan nama dan alamat perusahaan , nama barang, tempat tangki timbun di pelabuhan (Shore tank), tanggal pengiriman, berat bersih, tempat/negara tujuan, dan keterangan-keterangan lain yang diperlukan.



Gambar 2.1 Labelling Muatan Berbahaya

Lalu aspek kedua yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan pengangkutan mutan curah cair seperti minyak kelapa sawit atau CPO (*Crude Palm Oil*) ini adalah informasi yang menyebutkan bahwa minyak kelapa sawit merupakan salah satu golongan minyak nabati yang sangat sensitif dengan perubahan suhu, bahkan disebutkan minimal volume ullage dari kapal tanker pengangkut minyak kelapa sawit adalah 1.5% dari volume ruang muat total [6]. Untuk rekomendasi suhu minyak CPO sendiri pada waktu akan dimuat/dibongkar (loading/dicharge) adalah 45°C sampai



55°C, dan suhu selama perjalanan (voyage) adalah maksimum 40°C [6].

### C. Metode Peramalan Data

Peramalan nilai dari suatu variabel atau beberapa variabel pada masa yang akan datang sangat diperlukan sebagai dasar atau pedoman dalam pembuatan rencana yang menyangkut masa mendatang, dan metode peramalan data yang paling cocok untuk mendapatkan suatu nilai yang dapat dihitung dan dianggap lebih valid adalah peramalan data dengan metode kuantitatif. Baik tidaknya metode yang digunakan tergantung dengan perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin kecil penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang akan terjadi maka semakin baik pula metode yang digunakan. Metode kuantitatif dapat diterapkan apabila :

- Tersedia data dan informasi masa lalu.
- Data dan Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik.
- Diasumsikan beberapa aspek masa lalu akan terus berlanjut di masa datang.

Metode peramalan secara kuantitatif di kelompokkan menjadi dua :

- *Causal Forecasting* : Meliputi regresi berganda, model ekonometrik dan sebagainya.
- *Time Series Forecasting* : Metode ini membahas proyeksi masa depan suatu variabel berdasarkan data historis dan data saat ini. Dan pada tugas akhir ini metode yang digunakan adalah *Time Series Forecasting* dengan jenis *Moving Average Value*.

#### Metode Rata-rata Bergerak (Moving Average)

Rata-rata bergerak adalah suatu metode peramalan yang menggunakan rata-rata periode terakhir data untuk meramalkan periode berikutnya.

$$\text{Rata - rata Bergerak} = \frac{\sum \text{Permintaan dalam periode } n \text{ sebelumnya}}{n}$$

Rumus pembobotan rata-rata bergerak

$$\text{Pembobotan rata-rata bergerak} = \frac{\sum (\text{bobot periode } n)(\text{permintaan dalam periode } n)}{\sum \text{bobot}}$$

Dimana n adalah jumlah periode dalam rata-rata

Metode ini dapat menghaluskan fluktuasi tiba-tiba dalam pola permintaan untuk menghasilkan estimasi yang stabil. Metode ini mempunyai masalah :

1. Meningkatkan ukuran n memang menghaluskan fluktuasi dengan lebih baik tetapi metode ini kurang sensitive untuk perubahan nyata dalam data.
2. Rata-rata bergerak tidak dapat memanfaatkan trend dengan baik.
3. Karena merupakan rata-rata, rata-rata bergerak akan selalu berada dalam tingkat masa lalu dan tidak akan memprediksi perubahan ke tingkat yang lebih tinggi maupun yang lebih rendah.

### D. Optimasi Jaringan Metode Simplex

Metode simpleks merupakan salah satu teknik penentuan solusi optimal yang digunakan dalam pemograman linear. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu dengan cara perhitungan iteratif. Sehingga penentuan solusi optimal dengan simpleks dilakukan dengan tahap demi tahap yang disebut iterasi. Salah satu kegunaan dari metode simplex ini adalah digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi seperti pada pembahasan tugas akhir ini . Bentuk dasar problem linear yang akan diselesaikan bisa dituliskan sebagai berikut :

Objective function:

$$\max/\min f(X) = \sum_{i=1}^n c_i X_i$$

Technological constraints:

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &= b_1, \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &= b_2, \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n &= b_m, \end{aligned}$$

dimana ada asumsi non negatif dalam bentuk:

$$X_i \geq 0, (i=1, \dots, n)$$

digunakan bentuk matriks untuk memudahkan perhitungan

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z \\ x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Z \\ x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \geq 0$$

Beberapa istilah yang digunakan dalam Metode Simpleks menurut Hotniar [7], penjelasannya diantaranya sebagai berikut :

1. **Iterasi**, seperti yang disebutkan sebelumnya adalah tahapan perhitungan dimana nilai dalam perhitungan itu tergantung dari nilai tabel sebelumnya.
2. **Solusi** atau **Nilai Kanan (NK)**, merupakan nilai sumber daya pembatas yang masih tersedia. Pada solusi awal, nilai kanan atau solusi sama dengan jumlah sumber daya pembatas awal yang ada, karena aktivitas belum dilaksanakan.
3. **Kolom Pivot (Kolom Kerja)**, adalah kolom yang memuat variabel masuk. Koefisien pada kolom ini akan menjadi pembagi nilai kanan untuk menentukan baris pivot (baris kerja).
4. **Baris Pivot (Baris Kerja)**, adalah salah satu baris dari antara variabel baris yang memuat variabel keluar.
5. **Elemen Pivot (Elemen Kerja)**, adalah elemen yang terletak pada perpotongan kolom dan baris pivot. Elemen pivot akan menjadi dasar perhitungan untuk tabel simpleks berikutnya.
6. **Variabel Masuk**, adalah variabel yang terpilih untuk menjadi variabel basis pada iterasi berikutnya.



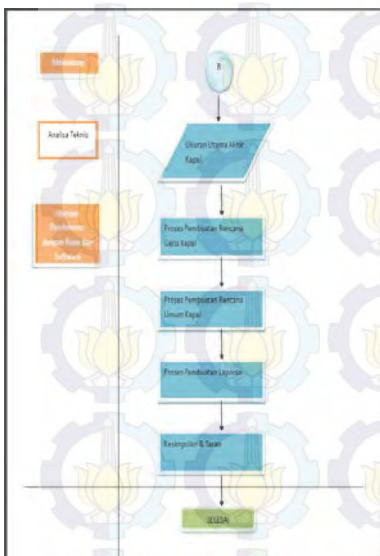
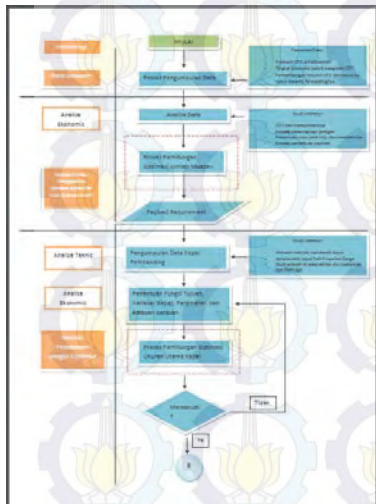
Variabel masuk dipilih satu dari antara variabel non basis pada setiap iterasi. Variabel ini pada iterasi berikutnya akan bernilai positif.

7. **Variabel Keluar**, variabel yang keluar dari variabel basis pada iterasi berikutnya dan digantikan dengan variabel masuk. Variabel keluar dipilih satu dari antara variabel basis pada setiap iterasi dan bernilai 0.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Gambar dan Tabel

Metodologi dalam pengerjaan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) pengerjaan sebagai berikut :



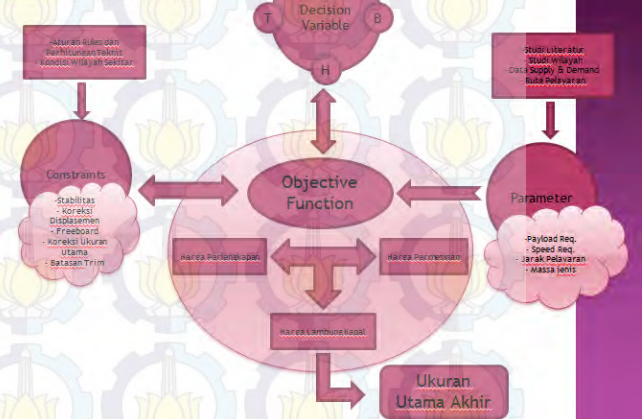
Gambar. 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### B. Optimasi Ukuran Utama

Metode pencarian ukuran utama dari *Self-Propelled Barge* menggunakan *optimization design approach* dimana mencari ukuran utama dengan menggunakan metode optimasi melalui *fitur Solver* pada *software Microsoft Excel*. Metode optimasi menggunakan beberapa batasan dengan tujuan mencari

fungsi objektif (*total cost*) seminimum mungkin.

#### Konsep Optimasi



Gambar. 3.2 Model Optimasi Ukuran Utama *Self-Propelled Barge*

### IV. PERANCANGAN SELF-PROPELLED BARGE

#### A. Penentuan Jumlah Muatan

Muatan yang akan diangkut berdasarkan perhitungan dari muatan total per tahun dibagi dengan jumlah *roundtrip* kapal dalam setahun, dimana muatan total per tahun didapat dari jumlah volume *supply* dari pelabuhan hub yang terpilih sebelumnya pada proses perhitungan optimasi rute. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan payload yang ditentukan adalah 5100 ton dengan kecepatan dinas 9 knot.

#### B. Penentuan Ukuran Utama Barge

Perencanaan ukuran utama dilakukan berdasar data beberapa *tanker* yang memiliki besaran *deadweight* sejenis. Data tersebut digunakan sebagai batasan (*constraints*) untuk menentukan nilai minimum dan maksimum.

Tabel. 4.1  
Data Kapal Pembanding Barge

Data Kapal Pembanding									
Payload	=	5100 ton							
DWT	=	5610 ton							
Batas Atas	=	6451.5 ton							
Batas Bawah	=	4207.5 ton							
Nama Kapal	DWT (Ton)	Principal Dimension							
		LxI (m)	Bm (m)	H (m)	T (m)	L/B	B/T	L/T	
Atlantis Antibes	5659	99.35	16.8	7.4	6.29	5.91	2.67	15.79	
Azuma Maru No.18	5667	98	16	8	6.61	6.13	2.42	14.83	
Cappadocian	5667	100	16	8	5.98	6.25	2.68	16.72	
ASC	5707	99.35	16.8	7.4	6.29	5.91	2.67	15.79	
Ayşe S	5850	98.41	16.8	8.6	6.29	5.86	2.67	15.65	
Amalthia	6325	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46	
Althea	6333	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46	
Alfa Sea	6341	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46	
Alexandria	6379	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46	
Anamaria	6487	94	18	9.6	6.5	5.22	2.77	14.46	
Alnilam	6500	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	13.90	
Altair	6500	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	13.90	
Aqua Terra 7	6500	94.5	18	9.4	6.82	5.25	2.64	13.86	
Aqua 6	6510	94.5	18	9.4	6.8	5.25	2.65	13.90	
Ateela 2	6835	94.78	18	10	7	5.27	2.57	13.54	
Avatar	6876	94	18	10	7	5.22	2.57	13.43	
Bahia Tres	6920	94	18	10	7	5.22	2.57	13.43	
Budi Mesra	6921	95.55	18	10	7	5.31	2.57	13.65	
Anlong	6941	95.1	18	9.5	6.8	5.28	2.65	13.99	
Anhong	6964	95.1	18	9.5	6.8	5.28	2.65	13.99	
Min		94.00	16.00	7.40	5.98	5.22	2.42	13.43	
Max		100.00	18.00	10.00	7.00	6.25	2.77	16.72	

Kemudian dengan menggunakan ukuran utama salah satu kapal dilakukan perhitungan terhadap beberapa batasan dan



fungsi objektif yang akan menjadi acuan dalam proses optimasi ukuran utama. Berikut beberapa batasan yang dihitung sebelum melaksanakan proses optimasi :

### 1. Perhitungan Froude Number

Melalui referensi *Princciples of Naval Architecture Second Revision Volume II* menyebutkan bahwa nilai dari Froude Number kapal dagang untuk bentuk lambung standard nilainya biasanya dibawah 0.3 [10]. *Froude number* merupakan nilai konstanta hubungan antara panjang garis air kapal dengan kecepatan. Nilai batasan *Froude number* kapal dagang pada umumnya adalah 0.15 hingga 0.3.

### 2. Perhitungan Freeboard

Batasan *freeboard* yang diberikan berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan oleh *Intenational Convention of Load line 1966 and protocol of 1988*. *Barge* yang dirancang merupakan kapal tipe A, sehingga diambil *freeboard* standar yang telah ditetapkan untuk kapal tipe A yang dikategorikan kapal dengan muatan curah cair, penentuan *freeboard* standard tersebut disesuaikan dengan panjang kapal. Selanjutnya nilai tersebut ditambahkan dengan nilai-nilai koreksi maka didapatkan nilai minimal *freeboard* yang disyaratkan.

### 3. Perhitungan Berat Baja

Perhitungan berat baja pada *Self-Propelled Barge* diperhitungkan dengan menggunakan rumus *Watson* dengan memasukkan parameter-parameter karakteristik kapal seperti ukuran utama, koefisien blok, jenis kapal dan jumlah serta ukuran bangunan atas dan rumah geladak [9].

### 4. Perhitungan Peralatan dan Perlengkapan Barge

Perhitungan dengan menggunakan metode yang ada pada buku *Ship Design Efficiency and Economy* yang menghitung berat peralatan dan perlengkapan untuk di geladak akomodasi dan berat peralatan tambahan seperti alat bongkar muat dan lain sebagainya[11].

### 5. Perhitungan Koreksi Displacement

Dengan telah dihitungnya berat baja dan peralatan pada *barge* tersebut, maka komponen dari LWT telah didapatkan. Kemudian LWT tersebut dijumlahkan dengan DWT sehingga didapatkan berat *displacement*. Nilai LWT+DWT ini dibandingkan dengan nilai *displacement* hasil dari rumus pendekatan yaitu  $LxBxTxCb_{xp}$ . Selisih antara keduanya harus dalam *range* 1% hingga 3 % dimana selisih berat tersebut akan menjadi berat cadangan.

### 6. Perhitungan Trim

Perhitungan trim berdasarkan rumus yang terdapat dalam "*Parametric Design Chapter 11*"[8].

### 7. Perhitungan Stabilitas

Perhitungan stabilitas dengan menggunakan kriteria stabilitas dari IMO.

### 8. Perhitungan Harga Material dan Permesinan

Setelah diketahui berat dari baja dan berat dari peralatan kapal, maka dengan menggunakan rumus pendekatan dari

(*Watson, 1998*) akan diketahui harga dari masing-masing komponen tersebut. Nilai inilah yang akan menjadi fungsi objektif dalam mencari nilai optimasi ukuran utama *barge* [9].

Setelah semua batasan selesai dihitung dan fungsi objektif sudah didapatkan, maka langkah selanjutnya membuat *model solver*. Berikut langkah-langkahnya :

1. *Model solver* terdiri dari beberapa bagian yaitu *variabel value* yang akan dicari, *constraint* yang sudah ditentukan sebelumnya, serta *objective function* yang menjadi target dalam proses optimasi ini. Berikut tampak model optimasi tersebut :

Tabel. 4.2  
Model Optimasi

PROSES OPTIMASI PERENCANAAN SELF-PROPELLED BARGE							
Decision Variabel							
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Ukuran Utama	Panjang	m	Lwl	94.00	94.00	100.00	ACCEPTED
	Lebar	m	B	16.00	17.02	18.00	ACCEPTED
	Tinggi	m	H	7.40	7.57	10.00	ACCEPTED
	Sarat	m	T	5.00	5.00	7.00	ACCEPTED
Constraints							
Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Stabilitas	Froude Number $Fn = V/(g \cdot L_{pp})^{0.5}$				0.15	0.30	ACCEPTED
	MG pada sudut oling $0^\circ$	m	MG <sub>0</sub>	0.15	2.73		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oling $>30^\circ$	m	LS <sub>10</sub>	0.2	26.91		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada LS maksimum	deg	LS <sub>max</sub>	25	46.05		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada $30^\circ$	m.rad	LD <sub>30</sub>	0.055	1.030		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada $40^\circ$	m.rad	LD <sub>40</sub>	0.09	1.787		ACCEPTED
Freeboard	Luas Kurva GZ antara $30^\circ - 40^\circ$	m.rad		0.03	0.76		ACCEPTED
	F <sub>s</sub>	m	F	1.64	2.57		ACCEPTED
Displacement	Koreksi displacement	%		2.00%	2.40%	5.00%	ACCEPTED
			L/B	3.50	5.52	10.00	ACCEPTED
Rasio			B/T	1.80	3.40	5.00	ACCEPTED
			L/T	10.00	18.80	30.00	ACCEPTED
Hold Capacity	Koreksi volume ruang muat	%		0%	1.23%	5%	ACCEPTED
Objective Function							
	Item	Unit	Symbol	Value			
	Hull Cost	Rp		36,585,258,477			
	E & O Cost	Rp		46,295,042,533			
	Machinery Cost	Rp		15,863,650,799			
	Total Cost	Rp		98,743,951,809			

2. Selanjutnya dilakukan proses *running model solver*. Fasilitas *solver* diakses melalui *toolbar data > solver*. Selanjutnya akan tampil kotak dialog *solver parameter*. Pada *set target cell* dipilih *cell total cost* dan diset dengan pemilihan nilai minimum karena ini akan dicari harga material paling rendah dalam pemilihan ukuran utama kapal. Kemudian pada *menu by changing cell* dipilih *cells* yang akan dicari yaitu L,B,T, dan H. Kemudian pada *menu subject to the constraint* dimasukkan semua nilai minimum dan maksimum yang berfungsi sebagai batasan proses optimasi. Selanjutnya adalah *running solver*. Apabila berhasil maka akan muncul pemberitahuan pada *solver* bahwa ukuran utama hasil optimasi telah ditemukan.

Maka *variable* ukuran utama hasil proses optimasi *Self-Propelled Barge* adalah :

Lwl	= 94.00 meter
B	= 17.02 meter
H	= 7.57 meter
T	= 5.00 meter

Dimana ukuran utama *barge* tersebut sudah memenuhi semua batasan yang telah diberikan.







TUGAS AKHIR (MN 141581)

# **“STUDI DESAIN *SELF-PROPELLED BARGE* UNTUK ANGKUTAN *CPO (CRUDE PALM OIL)* RUTE KALIMANTAN - JAWA”**

Oleh :

Fahrizal Eka S

NRP. 4111 100 052

Dosen Pembimbing:

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

2015



# LATAR BELAKANG

## Faktor Teknis

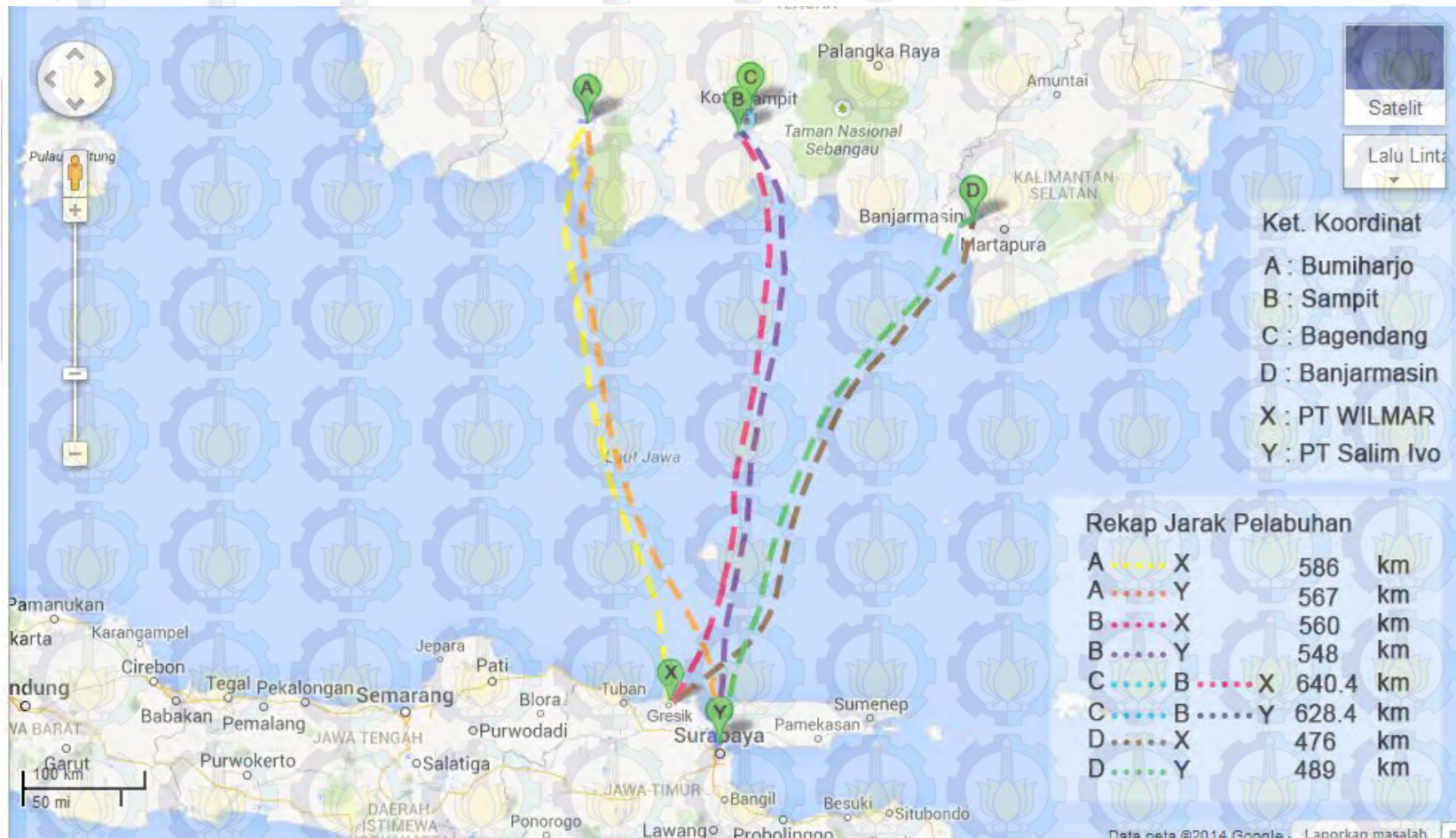
- ✓ Sulitnya manuver kapal tanker jika dioperasikan di perairan sungai Kalimantan
- ✓ Terhambatnya penggunaan pusher/towing barge untuk supply karena kondisi perairan Laut Jawa pada waktu-waktu tertentu
- ✓ Efisiensi daya mesin induk pada kapal Self-Propelled Barge dibanding pada pusher/towing barge

## Faktor Ekonomis

- ✓ Pergeseran produksi CPO dari Sumatera ke Kalimantan
- ✓ Kurangnya pasokan CPO untuk pabrik pengolah CPO di Pulau Jawa
- ✓ Kecenderungan ekspor CPO dari daerah Kalimantan



# (PEMILIHAN PELABUHAN)





# TUJUAN

- Menentukan besar *supply* dan *demand* dari kebutuhan pasar sesuai dengan umur ekonomis dari kapal yang akan dibuat.
- Menentukan rute pelayaran kapal dan *payload Crude Palm Oil* yang akan diangkut.
- Menentukan ukuran utama kapal *Self - Propelled CPO(Crude Palm Oil) Barge* yang optimal.
- Mendesain Rencana Garis dan Rencana Umum serta menentukan cara bongkar-muat muatan.



# BATASAN MASALAH

- ◉ Ruang lingkup *Concept Design*.
- ◉ Material menggunakan kapal baja.
- ◉ Kondisi dan fasilitas yang ada dianggap telah memenuhi.
- ◉ Rute yang diteliti adalah dari Pelabuhan Bagendang, Kabupaten Kotawaringin Timur menuju Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya



# METODOLOGI PENELITIAN

## ◉ Diagram Alir Penelitian





## TAHAP 1 (PEMILIHAN PELABUHAN DAN PENGUMPULAN DATA ) CONT.

### ● Pelabuhan Supply

#### 1. Sampit

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)
1	2005	77,898
2	2006	67,596
3	2007	72,431
4	2008	123,951
5	2009	103,457

#### 2. Bagendang

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)
1	2010	200,000
2	2011	220,000
3	2012	330,000

#### 3. Bumiharjo

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)
1	2004	466,777
2	2005	466,893
3	2006	442,007
4	2007	442,098
5	2008	420,557

#### 4. Banjarmasin

No	Tahun	Jumlah Produksi (ton)
1	2007	136,500
2	2008	120,000
3	2009	279,000
4	2010	230,000
5	2011	269,000



# TAHAP 1 (PEMILIHAN PELABUHAN DAN PENGUMPULAN DATA ) CONT.

## ○ Pelabuhan Demand

### 1. Dermaga PT WILMAR Indonesia

No	Tahun	Jumlah Permintaan (ton)
1	2010	200,000
2	2012	276,000
3	2014	182,500
4	2015	182,500
5	2016	547,500

### 2. Dermaga PT Salim Ivomas Pratama

No	Tahun	Jumlah Permintaan (ton)
1	2007	384,000
2	2008	514,000
3	2009	563,000
4	2010	540,000
5	2011	538,000



## TAHAP 2 (ANALISA DATA)

- Proses Peramalan Data

Metode yang digunakan : Time Series Average Moving

$$\text{Rata - rata Bergerak} = \frac{\sum \text{Permintaan dalam periode } n \text{ sebelumnya}}{n}$$

- Asumsi Penentuan *lifetime* kapal

*lifetime* kapal → jangka waktu forecasting (10 tahun)



## TAHAP 2 (ANALISA DATA) CONT.

### Hasil Peramalan Data:

#### ○ Pelabuhan Supply

1. Sampit : 179.595 ton
2. Bagendang : 5,139,448 ton
3. Bumiharjo : 676,583 ton
4. Banjarmasin : 911,505 ton

#### ○ Pelabuhan Demand

1. PT WILMAR Indonesia : 1,518,894 ton
2. PT Salim Ivomas Pratama : 1,556,933 ton



# TAHAP 2 (OPTIMASI RUTE PELAYARAN DAN PENENTUAN JUMLAH MUATAN)

## Metode Perencanaan Jaringan

Objective function:

$$\max/\min f(X) = \sum_{i=1}^n c_i X_i$$

Technological constraints:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n = b_1,$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n = b_2,$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m,$$

dimana ada asumsi non negatif dalam bentuk:

$$X_i \geq 0, \quad (i=1, \dots, n)$$

digunakan bentuk matriks untuk memudahkan perhitungan

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z \\ x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} Z \\ x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \geq 0$$



## TAHAP 2 (OPTIMASI RUTE PELAYARAN DAN PENENTUAN JUMLAH MUATAN) CONT.

- ◉ Metode simplex : Metode simpleks merupakan salah satu **teknik penentuan solusi optimal** yang digunakan dalam pemograman linear. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu **dengan cara perhitungan iteratif**.
- ◉ Komponen Metode Simplex :
  - ✓ Proses Iterasi
  - ✓ Variabel Basis dan Non-Basis
  - ✓ Variabel Masuk dan Keluar
  - ✓ Kolom, Baris, dan Elemen Pivot



Rute	$r_{ij}$ (km)	$t$ (Rp/km.ton)	$X_{ij}$ (ton)	$C_{ij}$ (Rp/ton)	$C_{ij} \cdot X_{ij}$ (Rp)	
I	548	IDR 10,000	179,595	IDR 5,480,000	IDR 984,179,127,206	
II	560	IDR 10,000	179,595	IDR 5,600,000	IDR 1,005,730,494,955	
III	626	IDR 10,000	5,139,448	IDR 6,260,000	IDR 32,172,944,471,717	(rute III : Bagendang - PT Salim Ivomas) >> 626 km
IV	639	IDR 10,000	5,139,448	IDR 6,390,000	IDR 32,841,072,711,544	
V	489	IDR 10,000	911,505	IDR 4,890,000	IDR 4,457,260,006,615	
VI	476	IDR 10,000	911,505	IDR 4,760,000	IDR 4,338,764,341,818	
VII	567	IDR 10,000	676,583	IDR 5,670,000	IDR 3,836,227,214,101	
VIII	586	IDR 10,000	676,583	IDR 5,860,000	IDR 3,964,778,037,853	
IX 1	706.4	IDR 10,000	5,319,043	IDR 7,064,000	IDR 37,573,717,844,146	
IX 2	719.4	IDR 10,000	5,319,043	IDR 7,194,000	IDR 38,265,193,399,036	
Jumlah CPO yang dikirim dari Bagendang lalu ke PT Salim Ivomas Pratama tiap tahunnya adalah sebesar :					5,139,448	ton
Jumlah CPO yang dibutuhkan PT Salim Ivomas Pratama tiap tahunnya untuk proses produksi adalah sebesar :					1,556,933	ton
Rute					Demand	
I	0	<=	1	PT WILMAR Indonesia	1,518,894 ton (Min)	
II	0	<=	1	PT Salim Ivomas Pratama	1,556,933 ton (Max)	
III	1	<=	1			
IV	0	<=	1		Supply	
V	0	<=	1	Min	179,595 ton	
VI	0	<=	1	Max	5,319,043 ton	
VII	0	<=	1			
VIII	0	<=	1			
IX 1	0	<=	1			
IX 2	0	<=	1			
dipilih 1 rute	1					
	IDR	6,260,000	Biaya yang dikeluarkan untuk mengangkut tiap ton			
		5,139,448 ton				
OF	IDR	32,172,944,471,717	Biaya total yang dikeluarkan untuk transportasi CPO dalam setahun			
Kondisi	demand terpenuhi					



## TAHAP 2 (OPTIMASI RUTE PELAYARAN DAN PENENTUAN JUMLAH MUATAN) CONT.

### ⦿ Perhitungan Muatan

$$\text{Cap max} = \left( \frac{Q \text{ max}}{nvXRtpa} \right)$$

Dimana :

Cap max = muatan bersih  
nv = jumlah kapal yang beroperasi  
Rtpa = jumlah Roundtrip yang dilakukan per tahun

$$R_{\text{trip}} = T_{\text{sea}} + T_{\text{handle}} + T_{\text{wait}}$$

Dimana :

Rtrip = waktu yang dibutuhkan untuk sekali perjalanan PP  
T sea = lama waktu di laut ( saat layar ) per trip  
T handle = lama waktu bongkar muat di pelabuhan per trip  
T wait = lama waktu tunggu di pelabuhan per trip



# TAHAP 3 (PENENTUAN DATA KAPAL PEMBANDING)

Data Kapal Pembanding					
Payload	=	5100 ton			
DWT	=	5610 ton			
Batas Atas	=	6451.5 ton			
Batar Bawah	=	4207.5 ton			
Nama Kapal	DWT (Ton)	Principal Dimension			
		Lwl (m)	Bm (m)	H (m)	T (m)
Atlantis Antibes	5659	99.35	16.8	7.4	6.29
Azuma Maru No.18	5667	98	16	8	6.61
Cappadocian	5667	100	16	8	5.98
ASC	5707	99.35	16.8	7.4	6.29
Ayse S	5850	98.41	16.8	8.6	6.29
Amalthia	6325	94	18	9.6	6.5
Althea	6333	94	18	9.6	6.5
Alfa Sea	6341	94	18	9.6	6.5
Alexandria	6379	94	18	9.6	6.5
Anamaria	6487	94	18	9.6	6.5
Alnilam	6500	94.5	18	9.4	6.8
Altair	6500	94.5	18	9.4	6.8
Aqua Terra 7	6500	94.5	18	9.4	6.82
Aqua 6	6510	94.5	18	9.4	6.8
Ateela 2	6835	94.78	18	10	7
Avatar	6876	94	18	10	7
Bahia Tres	6920	94	18	10	7
Budi Mesra	6921	95.55	18	10	7
Anlong	6941	95.1	18	9.5	6.8
Anhong	6964	95.1	18	9.5	6.8
Min		94.00	16.00	7.40	5.98
Max		100.00	18.00	10.00	7.00



# TAHAP 3 (OPTIMASI UKURAN UTAMA AWAL)

## PROSES OPTIMASI PERENCANAAN SELF-PROPELLED BARGE

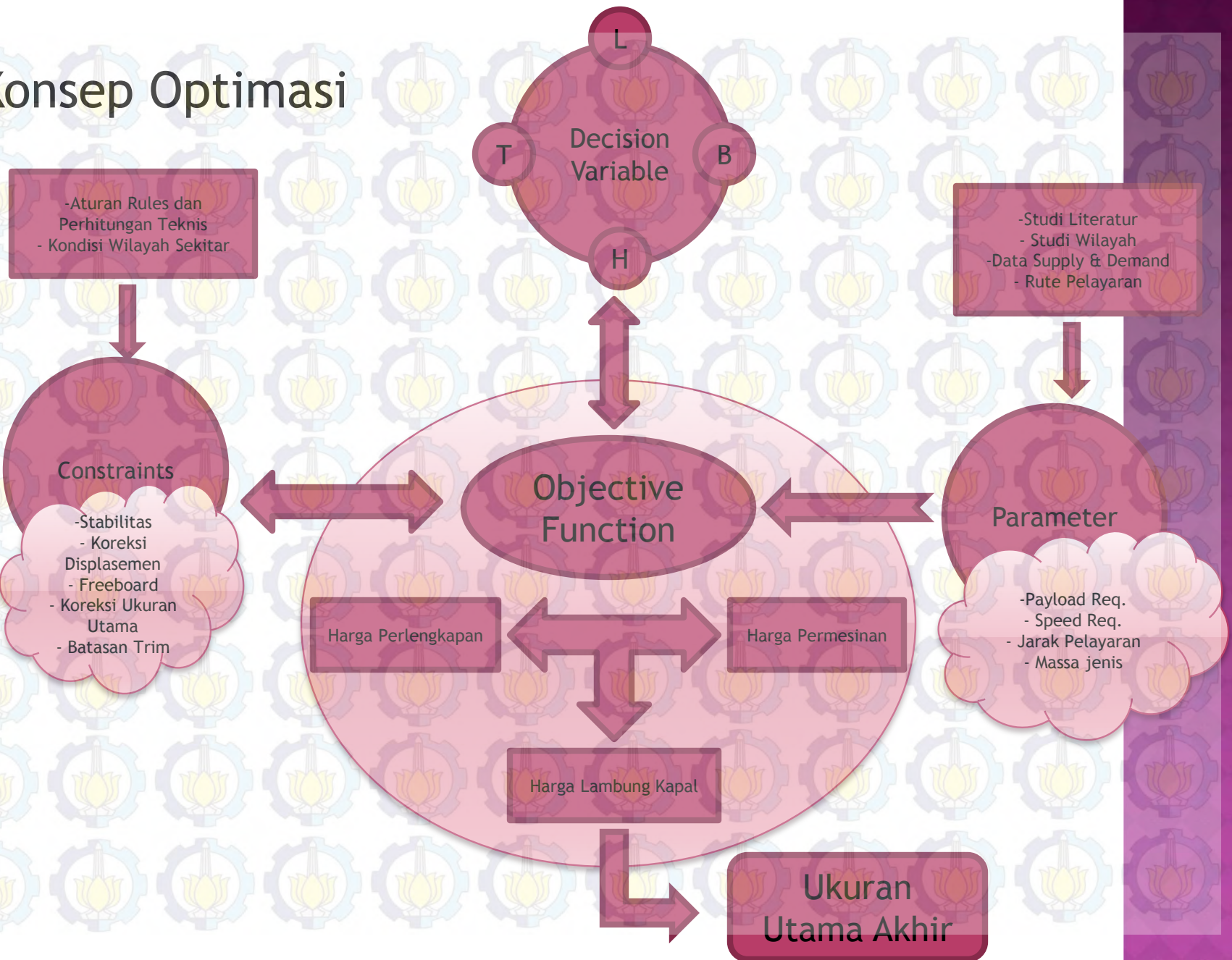
Decision Variabel							
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Ukuran Utama	Panjang	m	Lwl	94.00	94.00	100.00	ACCEPTED
	Lebar	m	B	16.00	17.02	18.00	ACCEPTED
	Tinggi	m	H	7.40	7.57	10.00	ACCEPTED
	Sarat	m	T	5.00	5.00	7.00	ACCEPTED

Constraints							
Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Number	$F_n = V/(g \cdot L_{pp})^{0.5}$				0.15	0.30	ACCEPTED
Stabilitas	MG pada sudut oleng $0^0$	m	$MG_0$	0.15	2.73		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$	m	$LS_{30}$	0.2	26.91		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada $LS$ maksimum	deg	$LS_{maks}$	25	46.05		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada $30^0$	m.rad	$Ld_{30}$	0.055	1.030		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada $40^0$	m.rad	$Ld_{40}$	0.09	1.787		ACCEPTED
	Luas Kurva GZ antara $30^0 - 40^0$	m.rad		0.03	0.76		ACCEPTED
Freeboard	$F_s$	m	F	1.64	2.57		ACCEPTED
Displacement	Koreksi displacement	%		2.00%	2.40%	5.00%	ACCEPTED
Rasio			L/B	3.50	5.52	10.00	ACCEPTED
			B/T	1.80	3.40	5.00	ACCEPTED
			L/T	10.00	18.80	30.00	ACCEPTED
Hold Capacity	Koreksi volume ruang muat	%		0%	1.23%	5%	ACCEPTED

Objective Function				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Hull Cost	Rp		36,585,258,477
	E & O Cost	Rp		46,295,042,533
	Machinery Cost	Rp		15,863,650,799
	Total Cost	Rp		98,743,951,809



# Konsep Optimasi





## TAHAP 3 (PROSES DESAIN KAPAL) CONT.

### Ukuran Utama Optimal

LPP	91.97
B	17.02
H	7.57
T	5

### Parameter Karakteristik Kapal

LWL	94.00
Displacement	6879.13
Cp	0.841
Cb	0.839
Cm	0.997
Cw	0.899
LCB from mid	1.295

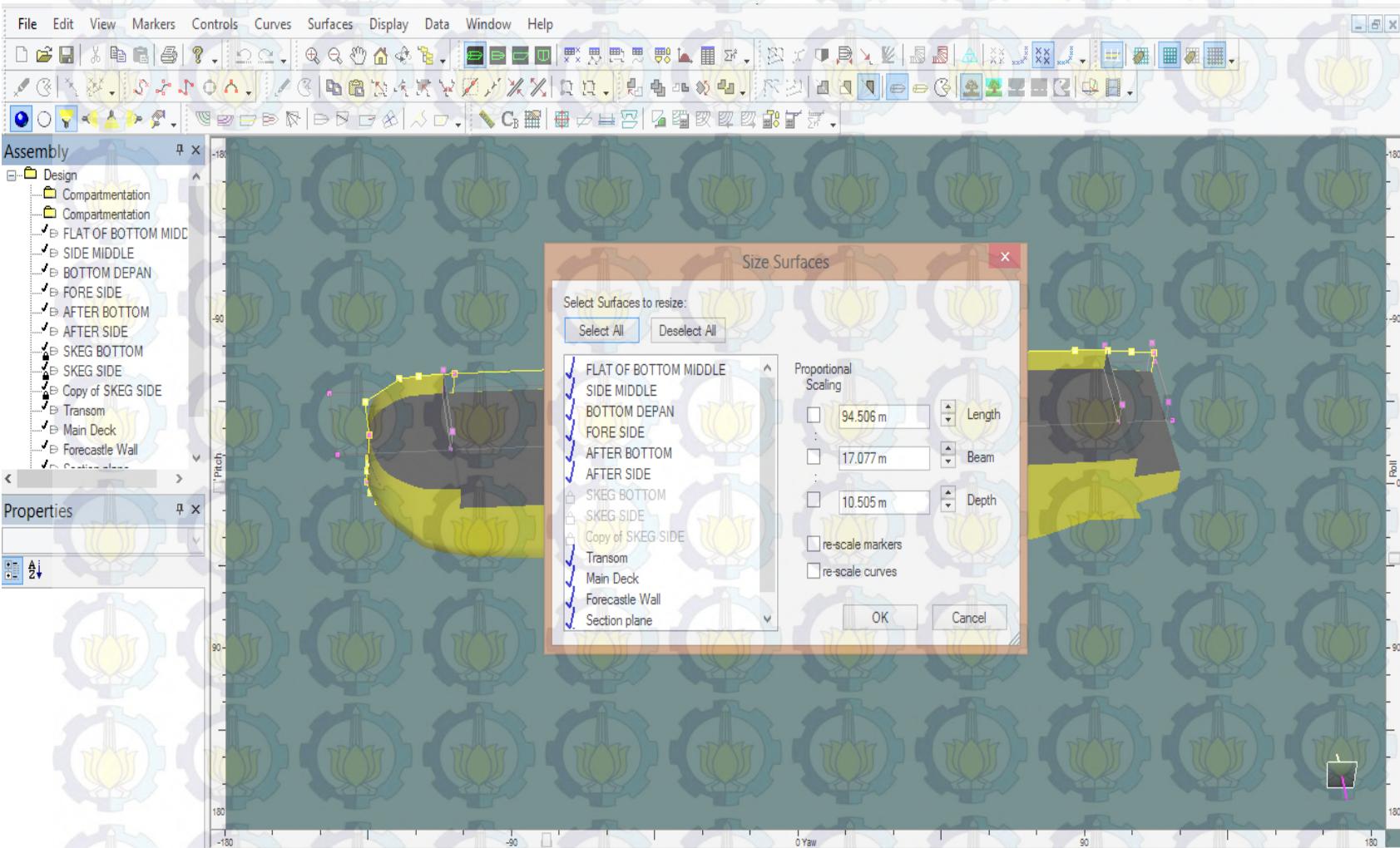


# PEMERIKSAAN PERHITUNGAN

- ◉ Tujuan : Karena proses perhitungan optimasi ini merupakan proses iterasi yang dapat mempengaruhi perhitungan teknis dalam mendesain kapal sehingga perlu adanya melakukan pengecekan ulang untuk memastikan semua batasan dan parameter terpenuhi
- ◉ Item-item yang dilakukan pengecekan perhitungan :
  - ✓ Hambatan Kapal
  - ✓ Berat kapal dan koreksi *displacement*
  - ✓ Stabilitas
  - ✓ Volume Ruang Muat
  - ✓ Lambung Timbul
  - ✓ Kondisi Trim



# TAHAP 3 (PROSES DESAIN KAPAL) CONT.





# TAHAP 3 (PROSES DESAIN KAPAL) CONT.

**OUTPUT UKURAN UTAMA BARGE**

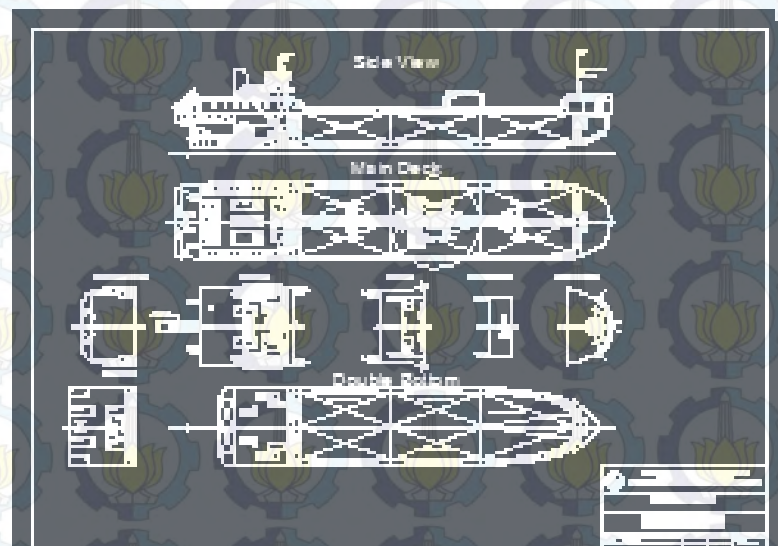
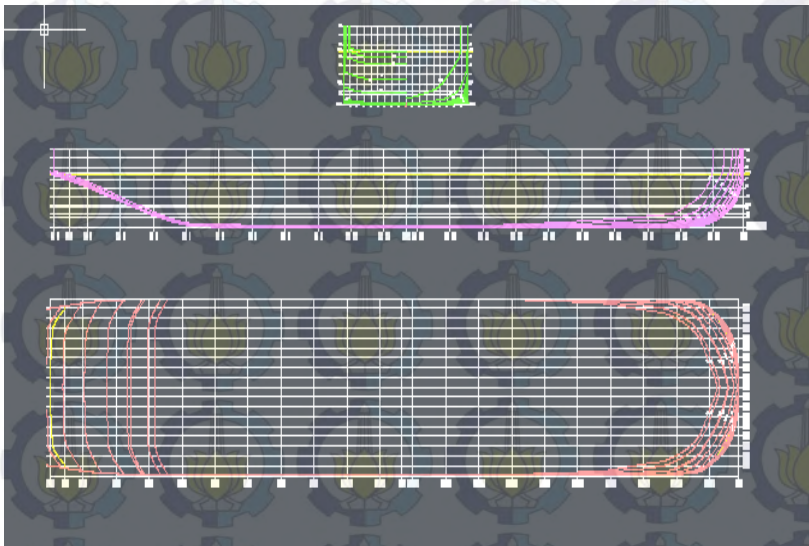
item	value	unit
Lwl	94.00	m
Loa	94.50	m
Lpp	91.97	m
B	17.02	m
H	7.57	m
T	5.00	m
v	9	knots
v	4.6296	m/s
fn	0.152	
cb	0.839	
cm	0.997	
cp	0.841	
cwp	0.899	
lcb/L	0.03	% from midship
lcb	1.295174	m from midship
lcb	2.82	% from midship
volum displ	6711.346	m <sup>3</sup>
berat displ	6879.130	ton
ρ	1.025	ton/m <sup>3</sup>
g	9.81	m/s <sup>2</sup>

**Hasil perhitungan Hidrostatik Maxsurf**

Item	Value	Unit	Differences(%)
Lwl	94.008	m	0.01
Loa	94.506	m	0.01
Lpp	91.973	m	0.00
B	17.077	m	0.31
H	7.568	m	0.00
T	5	m	0.00
v	N/A	knots	-
v	N/A	m/s	-
fn	N/A		-
cb	0.84		0.15
cm	0.998		0.07
cp	0.843		0.23
cwp	N/A		-
lcb/L	N/A	% from midship	-
lcb	1.2945	m from midship	0.05
lcb	47.281	m from AP	-
volum displ	6716.848	m <sup>3</sup>	0.08
berat displ	6885	ton	0.09
ρ	N/A	ton/m <sup>3</sup>	-
g	N/A	m/s <sup>2</sup>	-



# PEMBUATAN RENCANA GARIS & RENCANA UMUM





TERIMA KASIH

